

Medienkombinatorik für selektive Interface-Kulturen: Alternativen zu Paradigmen-geleiteten HCI-Entwicklungen

Hellige, Hans Dieter

Veröffentlichungsversion / Published Version
Arbeitspapier / working paper

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Hellige, H. D. (2010). *Medienkombinatorik für selektive Interface-Kulturen: Alternativen zu Paradigmen-geleiteten HCI-Entwicklungen*. (artec-paper, 170). Bremen: Universität Bremen, Forschungszentrum Nachhaltigkeit (artec). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-395350>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Hans Dieter Hellige

**Medienkombinatorik für selektive
Interface-Kulturen. Alternativen zu
Paradigmen-geleiteten HCI-Entwicklungen**

**artec-paper Nr. 170
November 2010**

ISSN 1613-4907



artec - Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Str. 7
Postfach 330 440
28334 Bremen
<http://www.artec.uni-bremen.de>

Medienkombinatorik für selektive Interface-Kulturen. Alternativen zu Paradigmen-geleiteten HCI-Entwicklungen

Hans Dieter Hellige

Überblick

1. Entwicklungsgesetze der HCI-Entwicklung im Rückblick
2. Widersprüchliche Entwicklungsrichtungen der HCI
3. Medienkombinatorik als Gegenkonzept zu HCI-Entwicklungsgesetzen
 - 3.1 Kombinatorische Analysemethoden auf der Interface- und Komponenten-Ebene
 - 3.2 Kombinatorische Analysemethoden auf der Geräte-Ebene
 - 3.3 Die kombinatorische Synthese auf der Basis eines alltagsnahen Szenario-Writing
4. Paradigmen- und Medienkombinatorik-geleitetes Medien-Design: Drei Fallbeispiele
5. Fazit

Literatur

Überblick¹

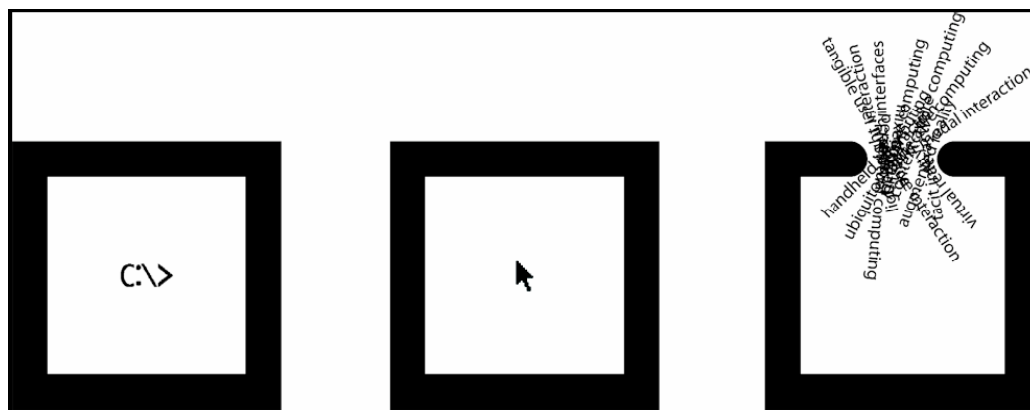
Die langjährige Beschäftigung mit der Geschichte und Gegenwart von Interfaces und Interaktionsstilen von Informations- und Kommunikationstechniken in der Forschung und vor allem in der Lehre in der Elektrotechnik und Informatik vermittelte mir Einsichten, die die meist nur mit kurzen Zeithorizonten arbeitenden technisch-wissenschaftlichen Disziplinen nicht bieten.² Die Langzeitperspektive ermöglicht konkretere Einblicke in die spezifische Entwicklungsdynamik von Bedienphilosophien und Bauweisen der Interfaces als die in der Human-Computer Interaction (HCI) stark verbreiteten schematischen Entwicklungsphasenmodelle. Denn die HCI ist eine von vielen Faktoren abhängige Gestaltungsdisziplin, die weder einem szientistischen Stufenkonzept folgt noch einer klar definierbaren technischen, ökonomischen, sozialen oder kulturellen Eigenlogik unterliegt. Betrachtet man dagegen Positionspapiere der HCI-Community auf Fachtagungen und theoretische Grundsatzartikel in den Fachzeitschriften über einen längeren Zeitraum, so zeigt sich sehr deutlich, dass Erweiterungen des Designraums der HCI regelmäßig zu Neuformulierungen von Entwicklungsgesetzen führen, die die neue modale Qualität als logischen nächsten Schritt oder gar Zielpunkt der Entwicklung deklarieren (vgl hierzu Hellige 2008b, Kap. 1).

Ich werde dies in einem *ersten Abschnitt* anhand von früheren und aktuellen Beispielen demonstrieren und dabei zugleich in einem Zeitraffer den Wandel der Entwicklungsschwerpunkte der HCI skizzieren. Im *zweiten Abschnitt* möchte ich dann zeigen, dass Entwicklungsrichtungen in der HCI durchaus widersprüchlich sind, so dass von einer verbindlichen Entwicklungslogik nicht die Rede sein kann. Vielmehr mischen neue Interfaces und Medien den jeweiligen technischen Mix neu auf, sie setzen die bestehenden Interface- und Medienkulturen aber nicht außer Kraft. Im *dritten Abschnitt* wird anstelle des Denkens in Phasenmodellen und vorgegebenen Entwicklungsrichtungen eine medienkombinatorische Betrachtungsweise empfohlen und in Ansätzen vorgeführt. Der letzte Abschnitt stellt aufschlussreiche Beispiele von auf universellen HCI-Paradigmen basierenden und medienkombinatorisch angelegten Design-Konzepten gegenüber.

¹ Langfassung eines Vortrages in der "Berliner Technischen Kunsthochschule" im November 2010, der in einer früheren Version bereits im Juni 2009 in der "Merz-Akademie für Gestaltung" in Stuttgart gehalten wurde.

² Siehe dazu die in der Bibliographie aufgeführten Titel.

GENERATIONS OF INTERACTION



command line

direct manipulation

emerging interaction styles³

»The age of the invisible computer is here. We interact with machines all the time, often without being aware of the interaction (which is what superior design should aim for). We moved away from command line interfaces to graphical displays where everything was visible, where feedback was immediate, and where graphical design could take advantage of display capabilities to present attractive, understandable interactions that were both pleasant to use and pleasant to behold. Now we are moving away from the heavy reliance upon screen, keyboard, and pointing devices toward physical devices, operated by gesture, location, motion, and other physical movements. Cloud computing makes our information always available, no matter where we are, what device we are using. Powerful, multiple processors coupled with unimaginably large memories allows for the recording of everything and the analysis of everything. Artificial intelligence is back, this time leveraging statistical analyses of trillions of bytes, terabytes, and beyond.«

Donald Norman, 2010

1 Entwicklungsgesetze der HCI-Entwicklung im Rückblick

Die Geschichte der Medien und Interfaces der Computer- und Informationstechniken ist gepflastert mit Entwicklungsgesetzen, die auf dem jeweils aktuellen Stand der Technik die Gesamtentwicklung in Phasen unterteilen und mehr oder weniger verbindlich Richtung und Ziel der HCI-Evolution definieren. Dabei sind zwei Grundtypen erkennbar: Modelle mit wenigen, meist drei Phasen, die die Abfolge aus zentralen HCI-Prinzipien ableiten und Mehrphasenmodelle, die mehrere Gestaltungsmerkmale einbeziehen und näher an der Technologie und dem konkreten Formenwandel angelehnt

³ Dreistufen-HCI-Entwicklungsmodell von Robert J. K. Jacob, Audrey Girouard u.a. von 2008 im Rahmen der "Reality-Bases Interaction"-Initiative, siehe unten.

sind. Das zentrale *quantitative* Entwicklungsgesetz der Informationstechnik, das Moore's Law, spielt dabei meist nur eine untergeordnete Rolle, da die Fortschritte der Mikroelektronik zwar ständig als Treiber für Leistungssteigerungen und Geräteverkleinerung im Hintergrund wirken, aber den *qualitativen* Wandel der Interface-Gestalt und der Interaktionsformen nicht direkt steuern.⁴ Die in den Stufenmodellen konstruierte Entwicklungslogik hat stark legitimierenden Charakter für die neue, noch um Anerkennung und vor allem Nutzerakzeptanz kämpfende innovative Interface-Technologie. Diese beansprucht über das Modell eine Leitbildfunktion, die nicht primär aus artikulierten oder erkennbaren Bedürfnissen der Benutzer hergeleitet wird. Sie weicht über den postulierten Gesetzescharakter kontroversen Debatten über die grundsätzliche Wünschbarkeit und den Vergleich der konkreten Nutzungsvor- und -nachteile der verschiedenen Interface- und Medienangebote aus. Ich greife im Folgenden einige besonders markante Beispiele von Entwicklungsgesetzen der HCI-Entwicklung heraus und gehe dabei bewusst zeitlich weiter zurück, da gerade die Immerwiederkehr sehr ähnlicher Argumentationsfiguren charakteristische Fixierungen der HCI-Community vor Augen führt.

Die frühesten elaborierten Entwicklungsmodelle für die Mensch-Computer-Interaktion tauchen in der Startphase des Time-Sharing-Computing in den 60er Jahren auf, als Terminals erstmals breiteren professionellen Nutzergruppen den interaktiven Zugang zu Rechnern ermöglichten. Die Leitmetapher dieses Zeitraums war die *"Konversation mit dem Computer"*, wobei die Spannweite von der vom User-geleiteten dialogischen Interaktion der "Man-Computer Symbiosis" (Licklider 1960) bis zu einer teilautonomen "Artificial Intelligence" reichte.⁵ In diesem Kontext entwickelte einer der ersten Spezialisten für die Mensch-Computer-Kommunikation, *Harold Sackman* (1967) von der System Development Corporation, das wohl früheste theoriegeleitete Modell der Entwicklungsstufen der HCI. Er unterschied sieben Phasen der Kommunikation mit dem Rechner: 1. die noch ganz von der Hardware-Peripherie und dem Maschinen-Code bestimmte Pionierrechner-Phase in den späten 40igern und frühen 50igern, 2. die erste professionelle, auf "instruction sets" und Betriebssystemen beruhende Computerbedienung und 3. die institutionelle Rechenzentrumsphase, die auch Laien den Zugang zu Rechnerleistungen verschaffte. Doch erst die 4. und 5. Stufe in den 60er Jahren ermöglichte mit den interaktiven Time-Sharing-Systemen einen "man-computer dialogue", zunächst nur für spezielle professionelle Anwender, dann auch mit den "general-purpose online consoles" für breitere Nutzerschichten. Für die 6. Phase ab 1970 prophezeite Sackman eine enge Mensch-Computer-Kopplung, durch

⁴ Van Dam 1997, S. 63; zur Pfad-generierenden Wirkung des Moore's Law und seiner Nachfolger siehe Hellige 2009.

⁵ Vgl. Pflüger 2004, S. 370-379; 2008, S. 329 ff.; Hellige 2008b, S. 37 ff.

die die Rechner auf individuelle Bedürfnisse der Nutzer ausgerichtet werden und sogar auf die Entscheidungen und Hirnleistungen der Menschen Einfluss nehmen. Die Endphase sah Sackman in lernenden, sich selber organisierenden Systemen, in denen die Künstliche Intelligenz relativ unabhängig von menschlicher Kontrolle den Usern alle geistigen Routinearbeiten abnimmt.

Auch das von dem kanadischen Spezialisten für Informations- und Dokumentations-systeme *Charles T. Meadow* stammende erste Lehrbuch zur "Man-Computer Communication" aus dem Jahre 1970 sah in einem stufenweisen *Anheben des Intelligenzgrades des Mensch-Maschine-Dialogs* den Roten Faden der HCI-Entwicklung. Die 1. Stufe bildete hier die Kommunikation mit Knöpfen und Schaltern, die 2. die monologische Kommunikation per Befehlssequenzen und die 3. der interaktive Dialog, zunächst über Texte, dann über grafische Information und "spatial relationships". Diese nach dem Vorbild Lickliders auch "Man-Computer Symbiosis" genannte Kommunikationsform stellte für ihn aber nur die Vorstufe für die Endphase dar, die zukünftige Konversation mit dem Computer in natürlicher Sprache auf annähernd gleichem Intelligenzniveau. Neben derartigen Entwicklungsmodellen, die in der intelligenten Sprachverarbeitung eines quasi menschlichen Partners das endgültige Ende der Kommunikationsprobleme mit Rechnern sahen, gab es realistischere Ansätze wie die von Douglas Engelbart, Ivan Sutherland und Alan Kay, die nicht auf die KI und baldige Wunder bei der Sprachverarbeitung vertrauten und den Schwerpunkt auf eine anwendungsnahe Ausweitung des Designraums von Interaktionsmedien setzten.⁶ Die neuartigen Interfaces schufen sie meist aus Kombinationen vorhandener und neuer Komponenten. Doch obwohl sich die Ausbreitung der von ihnen in den 60igern / 70igern initiierten Desktop-GUI-Welt noch bis nach 1980 hinzog, häuften sich bereits seit der ersten Hälfte der 80er Jahre Forderungen nach einer Ablösung der umständlichen kleinschrittigen Dialoge der "Direkten Manipulation" entweder durch Agenten- und Expertensysteme oder durch natürliche Kommunikationsformen wie Sprach-, Gesten- und Schrifterkennung.

So propagierte nun auch *Alan Kay* 1984 und 1990 ein dreistufiges HCI-Entwicklungsmodell, das bestimmt wurde von der immanenten Dialektik der Entfaltung und Überwindung der Bedienkomplexität. Im Zentrum stand für ihn eine *stufenweise Anhebung der Benutzer-Illusion*, durch die für immer breitere Nutzerpopulationen ein ständig wachsendes Funktionsspektrum erschlossen werde. Während in der Mainframe-Ära Computer nur von Experten mithilfe von *Programmiersprachen* bedient werden konnten, ermöglichte in der PC-Ära die *Manipulation von symbolischen Objekten* selbst Laien die Computerbedienung. Doch da angesichts immer komplexerer Anwendungs-

⁶ Vgl. Hellige 2008b, Kap. 6 und die unten aufgeführte Literatur.

prozesse das WIMP-Paradigma bald an seine Grenzen stoßen werde, müsse in Zukunft eine abermalige Steigerung der Benutzerillusion in Gestalt eines Informations-"Butlers" die wachsende Bedienkomplexität auffangen. Die Manipulation von Objekten solle daher in Zukunft in ein *intelligentes Management der Prozesse* übergehen und die Agenten-Technologie nach Kay zur "next big direction in user interface design" werden. Er gab damit den Anstoß für eine Reihe Agenten-zentrierter Entwicklungsmodelle in den 90er Jahren.⁷

Der Gründer der CAD-Software-Firma Autodesk *John Walker (1990)* beschrieb dagegen unter dem Eindruck des Virtual Reality-Booms vom Ende der 80er Jahre die HCI-Entwicklung als einen Prozess fortschreitender *Virtualisierung des Computers*. In der 1. Generation steuerten professionelle Anwender noch die Maschine direkt über Knöpfe, Stecktafeln und Maschinen-Codes. In der 2., dem Batch-Processing, traten Programmiersprachen, "Card Desks" und Ausdrucke als Vermittlungsinstanz zwischen Nutzer und Maschinen. Die 3. Generation, das Time-Sharing, verschaffte einer größeren Nutzerzahl über eine virtuelle Konversation an Terminals Zugang zu Rechenzeiten, die 4. erleichterte die Bedienung für Computerlaien noch zusätzlich durch die Befehlsauswahl per Menu. Die 5. Generation virtualisierte die Computernutzung durch den 2D-Bildschirm, graphische Objekte und "Direkte Manipulation" noch weiter zu einer rein symbolischen Konversation. Den logischen nächsten Schritt sah Walker in dem Übergang vom virtuellen 2D-Desktop zu einer virtuellen 3D-Welt, dem "Cyberspace". In den taucht der User ganz ein und erhält über die Natural Interfaces Sprach- und Gesten-Erkennung, Eye-tracking und Force-Feedback eine nahezu perfekte Simulation der Wirklichkeit. Als universales Fenster zur Welt sollte die dreidimensionale Virtuelle Realität und ihr "very rich environment" die alles beherrschende Mainstream-Interaktionstechnologie der Zukunft werden, eine Ansicht, der während der VR-Euphorie zwischen 1985 und 1992 viele Autoren folgten.⁸

Doch weder die Agententechnologie noch der Virtual Reality gelang es, sich als neues Paradigma durchzusetzen. Software-Agenten konnten die Probleme der GUI-Welt nur marginal beseitigen. Und der integrale Ansatz der multisensuellen Virtual Environments löste sich nach kurzem Boom ab 1991/92 bereits wieder in ein loses Bündel einzelner sensorischer Interface-Techniken auf (Hellige 2008b, S. 62-67). Die Heterogenität dieser Bedienschnittstellen machte eine Einigung der HCI-Community auf einen neuen Sammelbegriff schwierig. Ein Teil entschied sich für "*Natural Interfaces*", andere für "*Intelligent Interfaces*", die Mehrheit sprach einfach von *Post- bzw. Non-WIMP-Technologies*. Der führende Experte für "Usability Design" *Jacob Nielsen*

⁷ Kay 1984, 1990, S. 206; Negroponte 1991, 1997; Maes 1994; vgl. auch Pflüger 2008, S. 348 ff.

⁸ Siehe Belege hierzu in Hellige 2008b, S. 56-62.

versuchte 1993 (S. 83 ff.) trotz der Unmöglichkeit, dieses "hodgepodge of technologies in a single, united UI design" zusammenzufassen, um ein neues theoretisch fundiertes Entwicklungsmodell. Er unterscheidet die funktionsorientierten "Traditional UIs", mit einer "verb-noun-syntax", die erst die Funktion und dann den Gegenstand festlegen, von den umgekehrt vorgehenden objektorientierten "Modern UIs" mit einer "noun-verb-syntax". Die Zukunft gehört nach seinem Modell den syntax-freien Interfaces, die überhaupt keiner Befehle mehr bedürfen. Die "next generation of UIs" bilden für ihn deshalb die *"Noncommand User Interfaces"*. Gesten-, Handschriften-, Sprach-, Grafik- und Bilderkennung sollen dann das Erlernen von Befehlseingaben überflüssig machen. Ein ähnliches Dreiphasen-Modell vertreten Mark T. Maybury und Wolfgang Wahlster (1998, S. 1), nur dass sie von "command line" und "direct manipulation interfaces" sprechen und in *"intelligent interfaces"* die Endphase sehen.

Ein ebenfalls auf Intelligenz-Steigerung zielendes, aber mehr auf die Technologien und die Bündelung der verschiedenen "natural interfaces" ausgerichtetes 5-Stufenmodell der Mensch-Computer-Interaktion legte der Computergrafik- und Hypertext-Pionier *Andries Van Dam* 1997 vor. Am Beginn steht für ihn das noch nicht interaktive Batch Processing mit Lochkarteneingabe (50/60er Jahre), gefolgt vom Time-sharing mit linearen alphanumerischen Befehlen (60er-80er Jahre) und der Einzel-Desktop- und 2D-Grafik-basierten WIMP-GUI-Periode, die obwohl bereits in den 70igern entwickelt und den 80igern eingeführt, zu van Dams Erstaunen immer noch dominiere. Die seit 1990 von der Forschung entwickelte, aber noch kaum verbreitete *Post-WIMP-Interaktion* besteht für ihn aus einem vielfältigen Angebot an sensorischen Interfaces, Sprach- und Gestenerkennung und Softwareagenten, die alle darauf abzielen, die kognitive Distanz zwischen Intention und Ausführung zu minimieren, denn "The ideal interface is no interface." (Van Dam 1997, S. 64) Auch wenn er noch für längere Zeit ein Nebeneinander von WIMP- und Non-WIMP-User Interfaces erwartet, laufe die Entwicklung doch auf eine durchgängige *Natural User Interfaces*-Nutzung hinaus: "Ultimately it will involve all senses in parallel, natural language communication and multiple users." (Ebda. S. 65, 67; van Dam 1999) Die korrekte Verarbeitung und Interpretation all der multisensorischen, multimodalen und multimedialen Interaktionsprozesse durch ein Netz im Hintergrund wirkender Agenten und Wissensbanken würde dann im letzten Stadium das Ideal einer weitgehenden Angleichung der HCI an die "Human-Human Interaction" verwirklichen. Doch belehrt durch die Langwierigkeit des bisherigen HCI-Wandels, schraubte er wenig später die Erwartungen zurück, denn "no matter how wonderful future user interfaces will be, it will take far longer for them to gain acceptance than we can imagine" (van Dam 2000, S. 51).

Das Problem, für die Post-WIMP-Interfaces ein konsistentes neues Paradigma zu definieren, verschärfte sich noch nach 1990 durch das Auftreten einer neuen Gruppe von Bedientechniken, die unter der Flagge *"Back to the Reality"* segelten und sich als Gegenkonzepte zur im ersten Anlauf gescheiterten VR verstanden. Sie wollten den User nicht mehr in eine vollkommen künstliche Computer-generierte Umgebung versetzen, sondern ihn »in der Welt« belassen und die Arbeits- bzw. Alltagsobjekte lediglich mit Rechenkapazität anreichern. Zu ihnen gehörte neben der »*Augmented Reality*« (AR), dem *Wearable Computing* (Rügge 2007, 2008) auch die »*Tangible Interaction*« (TUI) (Hornecker/Buur 2006; Hornecker 2008). Auch bei diesem Ansatz wurde versucht, die »tangible« und »embodied interfaces« als logische Entwicklungsschritte einer Paradigmen-Evolution zu definieren. So haben *Fishkin, Moran und Harrison* (1998) ein 6-Stufenmodell der Evolution der Computer User Interfaces entworfen. Nach ihm ermöglicht jede Stufe eine direktere und zugleich natürlichere Kommunikation mit Computern, da die Rechenprozesse immer mehr durch metaphorische Repräsentationen von Realweltobjekten verborgen werden. So folgen auf die Keyboard User Interfaces die Graphical, Gestural, Tangible und Embodied Interfaces, um am Ende völlig in Invisible User Interfaces aufzugehen. Die HCI-Entwicklung ist hier anthropologisch ausgerichtet als ein schrittweiser *Annäherungsprozess an die 'Natur' des Menschen und der 'realen' Welt*.

Mit dem Fernziel »*Invisible Computing*« deutete sich hier der Übergang von interaktiv zu betätigenden zu selbsttätig agierenden Interfaces an. Da die verschiedenen Richtungen der Natural Interfaces noch weitgehend innerhalb des Paradigmas der Direkten Manipulation blieben, unterlagen auch sie dem Problem, daß bei immer komplexerer Anwendungssoftware die Schwierigkeiten des vom Benutzer geleiteten kleinschrittigen Vorgehens ständig zunehmen (vgl. Pflüger 2008, Kap. 4 u. 5). Diesem Dilemma wollte eine weitere Gruppe von HCI-Forschern deshalb mit einer grundlegend veränderten Arbeitsteilung zwischen User und System begegnen, dem Übergang von *interaktiven* zu *proaktiven* Interfaces. Die seit den 90er Jahren unter den Leitmetaphern *Ubiquitous, Pervasive, Calm, Invisible, Proactive und Intelligent Computing* auftretenden proaktiven Ansätze berufen sich besonders häufig auf übergeordnete Entwicklungslogiken und geben sich dadurch als logisch-zwingende nächste oder finale Stufe einer vorgezeichneten Evolution der Mensch-Computer-Interaktion.

Für das *Ubiquitous Computing* sind vor allem Dreiphasenmodelle charakteristisch, bei denen die endogene HCI-Entwicklungslogik durch exogene Faktoren, insbesondere die skalenökonomischen Entwicklungsgesetze der Halbleitertechnik, also das Moore's Law getrieben wird. Das zeigt schon die erste Leitbild-Formulierung für UbiComp, die nicht

von Marc Weiser, sondern von dem IBM-Forschungschef *Abraham Peled* stammt. Dieser verkündete 1987 als »next computer revolution« nach der Ära des Mainframe, des Minicomputers und des Personal Computers eine auf vernetzten PCs und vor allem auf »embedded computers« beruhende *Ubiquitous Intellectual Utility*. Diese solle über »visual and other natural interfaces« wie Sprach- und Gestenerkennung Computer-Intelligenz allgegenwärtig machen. Die Triebkraft der Entwicklung war bei Peled die fortschreitende Miniaturisierung, ganz ähnlich in dem bereits 1970/72 formulierten Bell's Law, wonach als Folge des Moore's Law etwa alle 10 Jahre eine neue, entsprechend verkleinerte User-nähere Gerätegeneration entsteht (Bell u.a. 1972; vgl. Hellige 2009, S. 152 ff.). Doch die bildeten für den IBM-Forschungschef letztlich nur die "frontends" von Computernetzen und Supercomputern im Hintergrund.

Marc Weiser kombinierte Anfang der 90er Jahre Peleds Stufenkonzept mit Alan Kays drei Paradigmen zu einer einprägsamen Entwicklungslogik: Auf die »mainframe era«, in der sich viele Nutzer einen Computer teilen mussten, und der »personal computing era«, in der der User über einen Computer verfügte, folgt als dritte Welle die »UC Era« bzw. die "calm technology", in der jedem Benutzer Hunderte, ja Tausende Computer und Prozessoren nahezu unsichtbar zur Verfügung stehen (Weiser 1998). Aus dem durch die Mikroelektronik angetriebenen Mengenwachstum der dem Menschen dienenden Computer ergibt sich für Weiser ein Zwang, die Interfaces in »augmented artifacts« im Hintergrund verschwinden zu lassen. Das ursprünglich eher technisch-ökonomisch motivierte HCI-Entwicklungsmodell des PARC wurde durch Anleihen an mediensoziologische und philosophisch-anthropologische Diskurse zu einem Prozess des sukzessiven *Verbergens der technischen Computerfunktionalität im lebensweltlichen Horizont*.

Die Konkurrenz gleich mehrerer Anwärtler auf das "next generation" bzw. "final user interface" führte seit 2000 zu vermehrten Anstrengungen, die divergierenden Richtungen in einem kohärenten Leitbildkomplex zu integrieren. Statt des Negativ-Begriffs *NonWIMP* und der vagen Bezeichnung *Natural Interfaces* suchte man nun auch nach einem schlagkräftigen Leitbegriff für die neue Stufe der Interaktion. So versuchten Matthew Turk und George Robertson (2000) von der Microsoft-Forschungsabteilung die verschiedenen "Perceptive", "Multimodal" und "Multimedia User Interfaces" in dem neuen Paradigma der "*Perceptual User Interfaces (PUIs)*" zusammenzufassen.⁹ Die PUIs als dritte Phase nach den Pre-WIMP- und den WIMP-UIs sollten eine vielfältige, aber abgestimmte Bedienung der konvergierenden Computer-, Kommunikations-, Unterhaltungs- und Haushaltstechniken gewährleisten, wobei Computer den Usern als

⁹ Siehe dazu das dem Thema gewidmete Heft 3 der Communications of the ACM vom März 2000, besonders den Beitrag von Alex Pentland "Perceptual Intelligence".

stets verfügbare, in "human-like ways" kommunizierende Assistenten oder Agenten dienen: "Perceptual interfaces will enable multiple styles of interaction – such as speech only, speech and gesture, text and touch, vision, and synthetic sound – each of which may be appropriate in different circumstances, whether that be desktop apps, hands-free mobile use, or embedded household systems." (Turk,Robertson 2000, S. 34)

Stand bei diesem in der Folgezeit kaum rezipierten HCI-Leitbegriff die IT-Marktkonvergenz im Vordergrund, so war das Phasenmodell des Intel-Forschungchefs *David Tennenhouse* (2004) eindeutig skalenökonomisch motiviert. Bei ihm bestimmt die Abfolge dreier Paradigmen die gesamte HCI-Entwicklung: das maschinenzentrierte "*automatic computing*" der Mainframe-Ära, das menschenzentrierte "*interactive computing*" des PC-Zeitalters und schließlich das eng mit der physikalischen Welt verknüpfte "*proactive computing*" der Zukunft. Das durch die Miniaturisierung ständig verbesserte Preis-Leistungsverhältnis ermögliche eine drastische Vermehrung von "embedded computers and microprocessors", so dass künftig *jedem* der Milliarden User auf der Welt Tausende in die Dingwelt inkorporierte Computer bzw. Mikroprozessoren und Billionen miteinander interagierender Agenten dienen. Angesichts der damit exponentiell ansteigenden Komplexität erfolge hier logisch-zwingend die Ablösung des bisherigen User-gesteuerten "*Human-in-the loop computing*" durch das "*Human-supervised computing*" und am Ende gar das "*unsupervised computing*". Obwohl Tennenhouse einräumt, dass die Bewahrung der Kontrolle durch den Benutzer ein noch unbewältigtes Problem darstelle und die Alltagstauglichkeit des Proactive Computing noch nicht bewiesen sei, ist für ihn der Paradigmenwechsel ein nicht hinterfragbares Faktum, das sich zwingend aus dem Moore's Law ergibt.

Auch der leitende User Interface-Designer bei Nokia und selbst ernannte IT-Guru *Adam Greenfield* wollte die "diverse ecology of devices and platforms" (2006, S. 16) in einem neuen Leitbild bündeln. Doch ihm ging es dabei vorrangig um eine möglichst eingängige Begründung für die "general idea of an invisible-but-everywhere computing", die, obwohl vor fast zwanzig Jahren von Mark Weiser propagiert, noch immer nicht realisiert sei. Er erweiterte daher Weisers Stufenmodell um eine an das "PC-regime" anschließende Übergangszeit eines "Post-PC-regime", in der sich die einzelnen neuen Interface-Technologien erst einmal etabliert hätten. Aber mit dem neuen Millennium sei die Zeit endgültig reif für die völlige Ablösung der User-kontrollierten "*PC-World*" und so verkündete Greenfield nun unter dem Leitbegriff "*Everyware*" das neue Paradigma der kommenden Hegemonie vernetzter Geräte, die mithilfe von im Hintergrund wirksamen "powerful informatics" das Alltagsleben völlig umgestalteten (Greenfield 2006, S. 14). Denn "The project of *everyware* is nothing less than the

colonization of everyday life by information technology." (These 08, S. 33) Die ubiquitären, proaktiven Ansätze würden zwar noch großem Misstrauen begegnen, da sie, um zu funktionieren, das Recht auf "privacy" außer Kraft setzten und das Potential zu allgegenwärtiger Überwachung, Regulierung und Rationalisierung in sich bergen (S. 3). Dennoch wird sich nach Greenfield das "*regime of ambient informatics*" (S. 32) unweigerlich durchsetzen, da bereits zu viele zu mächtige Institutionen in seine Entwicklung investiert hätten, da die Eroberung des Alltags enorme Marktchancen eröffne, da es für Ingenieure eine so süße technische Herausforderung und für Designer eine so große Verlockung sei, durch ihre Produktschöpfungen das Verhalten der Menschen zu formen. Doch der größte Realisierungsdruck gehe vom technischen Paradigma selber aus, denn einmal in die Welt gesetzt, ist die fortschreitende Durchdringung der Alltagswelt mit Programmintelligenz ein eigendynamischer Prozess, der weder aufzuhalten noch einzugrenzen ist: "It is coming because something like it effectively became inevitable the moment our tools, products and services started communicating in ones and zeros" (S. 3 f.).



Die zukünftige Welt als 'Rechnender Raum':
Titelbild von Adam Greenfields Buch "Everyware" von 2006

Neben diesen eher auf Technologiekonvergenz, Massenabsatz und Nutzerakzeptanz zielenden Versuchen, die heterogene proaktive Interface-Landschaft unter einem suggestiven Leitbegriff erfolgreicher zu vermarkten, gibt es in den letzten Jahren in der HCI-Community weitere Initiativen für eine stärkere Koordination der Forschung, Entwicklung und Durchsetzung von Post-WIMP-Technologien. Der bisher erfolgreichste Versuch, die Begriffssystematik, Spezifikationssprache und Designmethodik für alle "Non-WIMP User Interfaces" zu vereinheitlichen, stammt von dem führenden Eyegaze-Spezialisten *Robert J. K. Jacob*. Nachdem er mit ein ähnlichen Anlauf noch 1991 gescheitert war, hat er sich 2006 mit dem MIT Media-Lab zusammengetan, um ein "Framework for Post-WIMP Interfaces" zu schaffen (Green, Jacob 1991; Jacob u.a. 2008). Unter dem neuen Sammelbegriff "*Reality-Based Interfaces*" werden dabei alle Richtungen der Virtual, Mixed und Augmented Reality, die Tangible Interaction, Non-Command und Natural Interfaces sowie das Ubiquitous, Pervasive und Mobile Computing erfasst. Auch hier dient ein Entwicklungsstufen-Modell dazu, um den angekündigten Paradigmenwechsel argumentativ zu untermauern. So wird zwischen drei Generationen der Interaktion unterschieden: der "*command line*", der "*direct manipulation*" und dem Technologiebündel der "*realitätsbasierten Interaktion*".

Mit der Kartell-artigen Initiative in den USA soll die bisherige Konkurrenz der Einzelkonzepte aufgehoben werden, um durch ein gemeinsames Vorgehen die schon seit den 80er Jahren totgesagte, aber immer noch vorherrschende WIMP-GUI-Welt endgültig abzulösen. Ob das neue Paradigma "Reality-Based Interaction" am Ende wieder nur ein erfolgloser "Umbrella"-Begriff für ein heterogenes Bündel von Interface-Technologien bleibt, lässt sich heute noch nicht sagen. Denn es gibt andere vergleichbare Initiativen, die ähnliche Ziele verfolgen, etwa in der EU das "Open Interface-Project" (Gray u.a. 2007; Dubois u.a. 2010, S. 1-8) sowie in Japan und bei Microsoft unter dem Leitbegriff "*Organic Interaction*" (Rekimoto 2008). Der Research Manager für das Multitouch-Interface "Microsoft Surface Table" Dennis Wixon (2008) gliedert dementsprechend die HCI-Entwicklung in die Stufen "*Command Line, Graphical User, Natural User und Organic User Interface*".

Allen diesen Rekursen der verschiedenen Post-WIMP-Communities auf die Entwicklungslogik ist gemeinsam, dass sie die eigentlichen massiven Realisierungs- und Nutzungsprobleme des natürlichen, intelligenten, proaktiven, ubiquitären Computing überspielen. So besonders die uneinheitlichen Schnittstellen zu Alltagsgegenständen, die Probleme des Zusammenspiels multimodaler Kontrollinformationen und der Programmierung heterogener und kontextsensibler Anwendungsprozesse. Durch den weitgehenden Verzicht auf interaktive Eingaben wird nämlich die gewachsene Komplexität in intelligente Hintergrundprozesse verlagert, denn diese müssen nun die

Vielfalt wechselnder situativer Anforderungen und die disparaten Nutzungskontexte vorab berücksichtigen, um so aus Handlungserkennungen die passenden Aktivitäten abzuleiten und den Usern die richtigen Informationen zur richtigen Zeit zu liefern. Computer verlieren damit ihren Werkzeug- und Mediencharakter, sie verschwinden in einem integrierten, programmgesteuerten *Computerspace*. Es entsteht so ein 'rechnender Alltagsraum', der die Informatisierung der Lebenswelt vorantreibt: "Die Kerncharakteristik eines Ubicomp-Systems ist ja seine Unsichtbarkeit – die intelligente Benutzerschnittstelle oder der intelligente Dienst, die sich in verschiedenen Anwendungsszenarien als wertvoll erweisen. Das ist der Magic-Beyond-the-Scene-Gedanke". (Strang 2007)

Die an einigen herausragenden Texten vorgeführte Analyse von Leitbildformulierungen für Next-Generation Interface-Kulturen hat gezeigt,

- dass diese Autoren nur wenige Aussagen über konkrete Nutzungseigenschaften und reale Ablösungspotentiale machen und stattdessen
- mit Entwicklungsmodellen arbeiten, die mehr oder weniger vorgezeichneten Logiken folgen,
- dass sie meist von einer Kette sich *ablösender* Paradigmen ausgehen und
- dass sie bestimmte mediale Dimensionen und Modalitäten verabsolutieren.

Aus der historischen Langzeitperspektive ist ein derart gehäuftes Auftreten von Entwicklungsstufenmodellen und Prophezeiungen von Paradigmenwechseln charakteristisch für Umbruchsituationen der HCI-Entwicklung. Aus der Rückschau zeigt sich dann aber in den meisten Fällen, dass vollständige Ablösungsprozesse eher die Ausnahme sind, und selbst da gibt es, wie im Falle der Lochkarten- und Switchboard-Interfaces, jahrzehntelange Übergänge (Hellige 1998). Wie es McLuhan für die Medienentwicklung festgestellt hat, verdrängen auch bei den Interfaces Neuentwicklungen nicht einfach die bestehenden, sondern es stellt sich je nach Anwendungsfeld eine neue Arbeits- bzw. Aufgabenteilung unter ihnen her. Die HCI-Entwicklung erweist sich aus historischer Sicht auch nicht als ein eindeutig gerichteter Prozess, durch den künftige Entwicklungsrichtungen präjudiziert werden. Entgegen derartigen teleologischen Argumentationsmustern ist vielmehr von einer wellenartigen Erweiterung des Designraums auszugehen, die immer mehr situations- und kontextbezogene Wahl- und Gestaltungsmöglichkeiten zulässt. Die Sichtweise einer zunehmenden Ausweitung des HCI-Designraums wird unterstützt durch den Sachverhalt, dass sich für alle vermeintlich eindeutigen Entwicklungsrichtungen Gegentrends erkennen lassen.

Entwicklungsrichtungen der HCI		
<i>Größendimensionen</i>	Miniaturisierung	Größensteigerung
<i>Virtualität/Realität</i>	Abstraktion/Entmaterialisierung	Rematerialisierung
<i>Raumdimensionen</i>	Verräumlichung	Verzicht auf Räumlichkeit
<i>Sensorische Bandbreite</i>	Zunahme der Modalität	Rücknahme der Modalität
<i>Mensch-Ding-Charakter</i>	Vermenschlichung	Verdinglichung
<i>Arbeitsteilung User-Interface</i>	Intelligenzsteigerung	GUI-WIMP-Anreicherung

2 Widersprüchliche Entwicklungsrichtungen der HCI¹⁰

Größendimensionen

In der Vergangenheit und vor allem in der Gegenwart sehen viele Theorieansätze die HCI-Evolution als einen unablässig fortschreitenden Prozess der *Miniaturisierung*: Durch den Übergang zu Bauelementen mit immer höherer Integrationsdichte gehe die Entwicklung zu immer kleineren, breiter verteilten Gerätefamilien, die von entsprechend miniaturisierten Interfaces und Displays bedient werden (Bell u.a. 1972; Weiser 1991). Dadurch folgten auf die *stationären* Computer (Mainframe, Minicomputer, Workstation, PC) *portable* (Laptop, Notebook, Netbook), mobile (Handhelds, Pencomputer, PDAs, Smartphones) und *Wearables* (u.a. Jacob 1997). Als letzte Konsequenz des Moore's Law würden Computer bzw. Mikroprozessoren samt Interfaces in Alltagsgegenstände eingebettet oder in Gestalt von Sensoren *am* oder von Nano-Robotern gar *im* Körper plziert (Miner 2001; Kurzweil 2002). Der Tendenz zum ständig verkleinerten, nur noch mobil genutzten und letztlich »unsichtbaren Computer« widerspricht aber, dass die Miniaturisierung mit der Bedienungsfreundlichkeit und Wahrnehmungsqualität kollidiert, ein Problem, das durch den Trend, immer mehr Funktionen in einem Gerät zu integrieren noch verschärft wird.

Daher gibt es bei stationären und selbst bei mobilen Anwendungen eine Gegen tendenz in Richtung *Größensteigerung*. So wird etwa bei Notebooks, Tablet-PCs und selbst bei Handys die Verkleinerung der Displays teilweise wieder zurückgenommen.

¹⁰ Der folgende Abschnitt ist eine überarbeitete Fassung der Systematik in Hellige 2008b, S. 17-20.

Unter dem Einfluss der dem Leitbild Heimkino folgenden Fernseher geht die Entwicklung bei Multimedia-PCs seit einigen Jahren zu Großbildschirmen und Beamern. Für das Ubiquitous Computing bzw. der Ambient Intelligence werden ebenfalls immer größere "Surface User Interfaces" wie Smart Tables und Desks, kollaborative White boards und Walldisplays vorgesehen, und raumgroße Rundumprojektionen in CAVES gelten hier als das "Ultimate Display" (Quigley, Bodea 2010). Beide Tendenzen, Miniaturisierung und Größensteigerung, bilden daher für Jacob (1996, S. 178 f.) keinen Gegensatz, sondern eine zusammenhängende Entwicklung der baldigen Verdrängung der Workstation: "The desktop workstation seems to be an artifact of past technology in display devices and in electronic hardware. In the future, it is likely that computers smaller and larger than today's workstation will appear, and the workstation-size machine may disappear." Doch auch das schon oft verkündete Ende von PC und Workstation ist bislang noch nicht eingetroffen.

Virtualität/Realität

In anderen Entwicklungsmodellen steht der Prozess der zunehmenden *Abstraktion* bzw. *Entmaterialisierung* der Interfaces im Zentrum. Von physikalischen Bedienteilen wie Hebel, Schalter und Tastaturen geht die Entwicklung danach über flächenartige Bedienschnittstellen und virtuelle Schaltflächen zur virtuellen Realität als immateriellem Interaktionsraum (Walker 1990). Der Übergang zu »Recognition-based Interfaces« mache dann durch die Verarbeitung natürlicher Kommunikationsformen Bedienschnittstellen am Ende sogar ganz überflüssig: "They can provide a Human interface that disappears – a doorway to other worlds." (Fisher 1989, S. 438) Doch obwohl es in den letzten Jahrzehnten beachtliche Fortschritte bei den VR-Interfaces gegeben hat, sprechen noch immer beträchtliche Nutzungsprobleme mit Virtual Environments im privaten und geschäftlichen Alltag dagegen, Entmaterialisierung und Virtualisierung als Ziel der HCI-Entwicklung zu betrachten (Stannay, Cohn 2008, S. 622, 635).

Als Gegentrend ist sogar eine Rückkehr zu haptisch-sensorischen Interfaces zu beobachten, zur *Vergegenständlichung und Rematerialisierung* (vgl. Fishkin/Moran/Harrison 1998). So geht man bei vielen Geräten wieder dazu über, bestimmte Grundfunktionen mit mechanischen Stellgliedern auszuführen, ebenso erfreuen sich Joysticks weiterhin großer Beliebtheit. Seit der zweiten Hälfte der 90er Jahre wird zudem gegen eine allgemeine Virtualisierung ein »physical turn« mit »graspable« bzw. »tangible objects« propagiert.¹¹ Tangible User Interfaces würden die haptischen Fähigkeiten des Menschen wieder voll nutzen und in der 'begreifbaren' Anschaulichkeit physikalischer Gestaltsymbole die Computerfunktionen verbergen. In den letzten Jahren sind unter

¹¹ Siehe u.a. Bruns 1996; Ishii, Ullmer 1997; O'Sullivan, Igoe 2004, S. XVII ff.; Hornecker, Buur 2006; Ishii 2008, Hornecker 2008.

dem Begriff "Organic Interaction" in Japan Bestrebungen für eine breite Anwendung von "Physical Interfaces" dazugekommen (Rekimoto, 2008). Doch trotz starker Zunahme der Forschungsanstrengungen kann auch von einem klaren Trend in Richtung physikalischer Interaktionstechniken noch nicht die Rede sein: "despite their promise, to date TUIs are still mostly hand-built prototypes, designed and implemented in research labs by graduate students." (Shaer, Jacob 2009, S. 1)

Raumdimensionen

Mit der These einer Tendenz zur Vergegenständlichung korrespondiert eine Sichtweise, die die HCI-Entwicklung als einen Prozess der *Verräumlichung* der Bedienschnittstellen interpretiert, der von punktuellen, eindimensional-linearen zu 2D und schließlich zu 3D-Interfaces bzw. zu "Interspaces" oder "Interplaces" führt.¹² Die "spatialization" der Interaktion entspreche der räumlichen Welterfahrung des Menschen und erleichtere so auch die Wahrnehmung unterschiedlicher Objekte sowie die Organisation von Informationen, das Ordnen von Wissensbeständen und das Verstehen abstrakter Konzepte (Wagner 2006). Mit der dreidimensionalen Simulation und Interaktion würde schließlich die Last der Körperlichkeit überwunden und "the existence of matter" kontrollier- und steuerbar.¹³

Der These vom auf den "graphical turn" folgenden "spatial turn" widersprechen jedoch deutliche Tendenzen zum *Verzicht auf Räumlichkeit von Interfaces*: So die ungebrochene Dominanz von 1D- und 2D-Interfaces, die schleppende Ausbreitung virtueller Räume und 3D-Interfaces sowie das weitgehende Scheitern immersiver Interaktionsformen in Alltagsanwendungen. Ja selbst bei den meisten Virtual Reality-Anwendungen hat sich die Desktop-VR wieder durchgesetzt, da sie weit weniger Nutzungsprobleme bereitet und da hier gegenüber der unüberschaubaren Vielfalt entwickelter 3D-Input/Output-Devices Standard-Interfaces existieren.¹⁴ Die 2003 als eine die Internetwelt umwälzende Massenanwendung konzipierte virtuelle Multiuser-Plattform "Secondlife" arbeitet gar wegen der geringen Verbreitung von 3D-Positioniergeräten für das Teleportieren von Avataren noch mit Pfeiltasten.

¹² Siehe u.a. Meadow 1970, S. 31-34; Erickson 1993; Johnson 1999, S. 28 ff.; Robben 2006; Doulis u.a. 2009.

¹³ Sutherland 1965, S. 508; zur "spatialization" siehe besonders Anders 1999, S. 9-12; Wagner 2006; Schröter 2004 188 ff., 215 ff.

¹⁴ Bowman, Kruijff u.a. 2000, S. 98 ff., 107 f.; dies. 2005, S. 5.

Sensorische Bandbreite

Als weitere Entwicklungstendenz hat man die *Zunahme der Modalität* bzw. eine ständige Ausweitung der Kommunikationskanäle gesehen (Balzert 1988). Danach geht die Entwicklung von monomodalen textuellen und visuellen Interfaces zu multimodalen Interfaces, die zusätzlich über akkustische, olfaktorische, haptische, kinästhetische Schnittstellen das Gesamtpotential menschlicher Sinneswahrnehmungen ansprechen und so den Schein vollkommener Telepräsenz erzeugen. Das Angebot "reichhaltiger Schnittstellen" soll den Benutzern "ein umfassendes, freudvolles und reichhaltiges Erlebnis" verschaffen, das ihrem multisensorischen Wesen entspricht. Für das Leitbild perfekter multisensorischer Simulation wird sehr oft auch die Holodeck-Metapher verwendet.¹⁵ Gegen "multimodal interfaces" als allgemeinen HCI-Ansatz spricht jedoch, dass der angebliche Trend zum "multisensorischen Computer" bisher noch nirgends über bescheidene Ansätze in Unterhaltungsmedien und künstlerischen Installationen hinausgelangt ist. Einerseits sind die technischen Realisierungsprobleme und Kosten für die über die üblichen bimodalen Systeme gehenden Interfaces immens hoch und daher bisher kaum über Prototypen hinausgelangt (Oviatt 1999, 2008, S. 427 ff.). Andererseits läuft der sensorische Informationsüberschuss perfekter Telepräsenz dem stark situativen und selektiven Charakter alltäglicher Mediennutzung zuwider (vgl. Dertouzos 1999, S. 113).

Es ist sogar angesichts der alltäglichen Überfütterung der Sinne eine Gegentendenz zur "sensorischen Diät" (Patricia Willbarger) und *Rücknahme der Modalität* von Interfaces zu beobachten. So hat sich das audiovisuelle Telefon entgegen aller Annahmen der IT-Experten nicht durchgesetzt und die synchrone akkustische Kommunikation wird vielfach durch schmalbandige asynchrone Kommunikationsmedien wie E-Mail, SMS und Twitter ersetzt. Minimalistisches Design bei funktionsreduzierten Unterhaltungs- und Kommunikationsmedien wie dem iPod und MP3-Playern, die mit simplen "clickable scroll wheels" bedient werden, haben sogar Kultstatus erlangt (Obendorf 2009, S. 147 ff., 185 f.) Es gibt folglich keine anthropologisch begründbare Angleichung der Bandbreiten der Kommunikationskanäle zwischen Mensch und Computer, vielmehr entscheiden sich Nutzer offenbar situationsabhängig zwischen Reichhaltigkeit und Minimalismus in der Interaktion.

Mensch-Ding-Charakter

Andere Ansätze wiederum gehen über die multisensorische Annäherung an die natürliche zwischenmenschliche Kommunikation hinaus und sehen in der generellen Aufhebung der maschinellen Form der Interfaces die vorherrschende Tendenz der

¹⁵ Siehe Sheridan 1992, Schroeter 2004, S. 224 ff.; Beckhaus 2008, Benyon u.a. 2010.

MCI, also in einer fortschreitenden *Vermenschlichung* der Interaktionsformen. Geleitet von der "human face-to-face conversation" als dem Idealmodell des "human-computer dialogue" gehe Entwicklung von bisher notgedrungen technikgeprägten über immer natürlichere Dialogformen und "human-centric Interfaces" zu anthropomorphen Agenten und "human-like interfaces" (Nagao, Takeuchi 1994). Das auf anthropomorphen Metaphern beruhende HCI-Paradigma ermögliche eine einfache quasi-menschliche Kommunikation mit dem Computer auf der Basis von Sprache, Gestik, Gesichtsausdruck, Körpersprache und Emotionen und erleichtere dadurch die Integration des Computing in die Lebenswelt.¹⁶ Der Endpunkt der Entwicklung scheint erreicht, wenn ein humanoider Computer in Avatar- oder Robotergestalt dem Menschen wie ein menschlicher Kommunikationspartner gegenübertritt. Gegen die Vermenschlichungstendenz bestehen andererseits mannigfache Vorbehalte, da sie in Alltagssituationen oft zu umständlicheren Interaktionen führt und weil besonders menschenähnliche Interfaces Aversionen auslösen.

Weitaus mehr HCI-Forscher sehen daher die Zukunft in einer zunehmenden *Verdinglichung* der Interfaces durch Einbettung in Alltagsgegenstände. In Gestalt von "smart Objects", "things that think", "context-sensitive objects", ja selbst in "smart", "transitive" oder "responsive Materials" wird Objektintelligenz am Körper, in der häuslichen und lokalen Umgebung verteilt (Mattern, Langheinrich; Streitz 2008, 2010). Durch die Programmierung der materiellen Welt, die Selbstorganisation von Intelligenzen Objekten und das dadurch mögliche Verschwinden des Computers in der "Ambient Intelligence", könne eine bisher nicht mögliche Erleichterung der Alltagslebens erreicht werden.¹⁷ Auch gegenüber dieser ausufernden technischen Vollversorgungsmentalität bestehen mannigfache Vorbehalte und Zweifel hinsichtlich der Alltagstauglichkeit und Zuverlässigkeit (siehe u.a. Friedewald 2008; Herzog, Schildhauer 2009).

Arbeitsteilung User – Interface

Da sowohl die Verarbeitung multimodaler Eingaben als auch die anthropomorphen Interfaces und intelligenten Objekte weitaus höhere Anforderungen an Rechnerintelligenz stellen, gehen sie meist einher mit der Annahme einer *Steigerung des Intelligenzniveaus* der Mensch-Computer-Kommunikation als zentraler Entwicklungsrichtung. Die Idee eines intelligenten Mensch-Computer-Dialogs, die bereits auf die 50er und frühen 60er Jahren zurückgeht (Turing 1950, Mooers 1959; Ramo 1961), erlebte in den 80er Jahren durch Expertensysteme und Rechner der 5. Generation eine Renaissance (Shackel 1985; Grudin 2006). Doch eine breitere Heranziehung der KI und wissensbasierter Systeme zur Vereinfachung der HCI erfolgte erst mit dem

¹⁶ Siehe besonders Laurel 1990; Ferber 2001, S. 21 ff.; Catrambone u.a. 2002; Hanson 2007; Kiesler u.a. 2008.

¹⁷ Siehe u.a. Norman 1998; Denning 2002; Encarnação u.a. 2008; Aghajan u.a. 2010, S. XIX-XXVII).

wissensbasierter Systeme zur Vereinfachung der HCI erfolgte erst mit dem Durchbruch von Software-Agenten in den 90er Jahren.¹⁸ Durch Agenten und vor allem Multiagenten-Systeme sollte sich die Arbeitsteilung zwischen User und Computer bei der Interaktion grundlegend wandeln. Musste der Benutzer anfangs selber dem Rechner noch alle einzelnen Schritte und Instruktionen per Maschinencode anweisen, so übernahm dieser nach und nach immer mehr Aufgaben bei der Codierung, Programm-Umwandlung und der Steuerung der grafikorientierten Bedienprozesse. Seit den 80er Jahren kamen die Suche, Sortierung und Filterung von Informationen sowie über die Bild-, Sprach-, Gestenerkennung die Abwicklung der Interaktion hinzu. Die durch die KI-Instrumente mögliche dynamische Modellierung des Nutzers und seines Verhaltens ermögliche eine weitere Verschiebung der Aufgabenlast vom User zum Computer, wobei dieser über die reaktive und adaptive Unterstützung von Benutzerprozessen hinausgehend nun eine proaktive Tutor- Assistenten- oder Butlerrolle übernehmen soll.¹⁹ Am Ende betätigen sich lernende autonome Agenten als "mind-reading machines", die aufgrund des erreichten Intelligenzniveaus dem User als ein "human consultant" mit überlegenem Wissensstand gegenüberreten (Chin 1991, S. 180-182).

Derartigen im Zehnjahres-Turnus seit 1956 immer wieder erneuerten Ankündigungen der KI-Community, durch intelligente Systeme und Agenten die Lücke zwischen User und Computer endgültig zu schließen, stehen jedoch die oft schlechten Nutzererfahrungen schon mit recht einfacher autonom agierender Software gegenüber. Angesichts der massiven Probleme bei der zielgenauen Erkennung der Intentionen und Emotionen des Benutzers, soweit sie über wohl definierte Regeln und primitives behavioristisches "emotion detecting" hinausgehen, rechnen nicht wenige HCI-Forscher mit einem noch langen *Weiterbestehen der Nutzer-geleiteten Interaktion* und einer anhaltenden GUI-WIMP-Dominanz. Die angesichts der schwer berechenbaren Komplexität der alltäglichen Lebenswelt zu erwartende hohe Fehlerrate beim "mind-reading" und vor allem das unvorhersehbare und schwer überprüfbare Verhalten intelligenter Software deuten jedenfalls mehr darauf hin, die Zukunft der HCI eher in der "*augmentation*" als im "*replacement*" des Users zu sehen, eine Ansicht, die auch durch Jonathan Grudins Beobachtung gestützt wird, dass die HCI in Depressionsphasen der Künstlichen Intelligenz immer ihre größten Erfolge zu verzeichnen hatte.²⁰

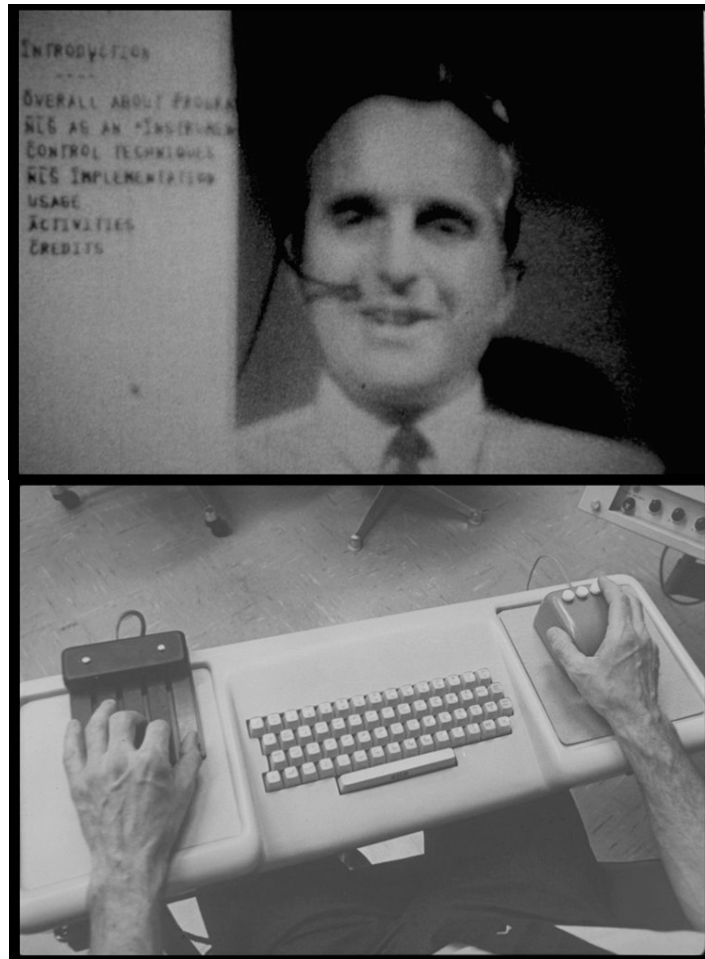
¹⁸ Siehe u.a. Kay 1984, 1990; Laurel 1990; Maes 1994; Negroponte 1997.

¹⁹ Siehe Sullivan, Tyler 1991, S. 2 ff.; Hefley, Murray 1993; Chignell, Hancock 1997; Maybury, Wahlster 1998, S. 1-13; Ehlert 2003.

²⁰ Siehe z. B. Shneiderman 1997; Brookshaw 1998; Brown 2003; Grudin 2006; Cechanowicz, Gutwin 2009.

Folgerung: Designraum-Ausweitung c/a Entwicklungslogik

Aus technikhistorischer bzw. technikgenetischer Perspektive ergibt sich aus diesen widersprüchlichen Befunden, dass derartige Entwicklungsmodelle als konkurrierende Leitbilder und Diskursangebote der HCI-Community gewertet werden sollten, nicht aber als normative Leitfäden für die Ausrichtung des Designs. Für mich als Historiker ist die Vorstellung eines sich durch zusätzliche technische Ressourcen permanent ausweitenden Designraums die adäquatere Betrachtungsweise, da sie von einer Offenheit des historischen Prozesses ausgeht und Designer wie Nutzer nicht auf eine bestimmte Entwicklungsrichtung einschwört. Mir scheint auch, dass die stark ausgeprägte entwicklungslogische Argumentation die massiven Probleme überspielen soll, vor die speziell die informationstechnische Eroberung des Alltags steht. Die UbiComp- und Invisible Comp-Community unterschätzt weitgehend die gewaltige Komplexität und Unberechenbarkeit realer Alltagswelten. Ihre große Hilflosigkeit verbirgt sie hinter anthropomorpher Metaphorik und einer Alltagskontexte extrem vereinfachenden Konzeption von im Hintergrund agierenden und lernenden Systemen. Wenn einem schon die simplen Autokorrektur- und Autoformatier-Programme so viel Verdruss bereiten, wie soll das erst gehen, wenn "mitdenkende Gegenstände, die wissen was zu tun ist", und in "verborgenen Diensten" wirkende "heimliche Intelligenz" proaktiv in Alltagsabläufe eingreifen. Ansätze, die derzeitige Krise der HCI durch *Vermenschlichung*, *Verdinglichung* und *Verbergung* der Interfaces lösen zu wollen, beruhen somit auf unerfüllbaren Versprechungen und auf einem unterkomplexen Alltagsverständnis oder zielen auf eine Konfektionierung von Alltagsroutinen. Die fortschreitende Diffusion des Computing in Alltagsgegenstände und -prozesse sowie die vielfältigen mobilen Informationssysteme und Unterhaltungsmedien erzeugen m. E. vielmehr einen großen Bedarf an *neuen* Medien- und Interface-Formen, die für die Benutzer sichtbar und kontrollierbar bleiben. Um diese herauszufinden und zu entwickeln bedarf es keiner Vorabfestlegung auf eine vermeintliche Entwicklungslogik, sondern eines pragmatischen Pluralismus, wie Dertouzos ihn gefordert hat: "Das 'ultimative' Mensch-Maschine-Interface ist dasjenige, das die richtigen Arten der Kommunikation, die richtige Hardware und die richtige Software zusammenbringt – alle zugeschnitten auf den Begriff, der zwischen und Maschine zu übermitteln ist [...] Wenn dies geschieht, wird die Protzerei der Effizienz weichen. Außerdem werden Entwicklung und Anwendung der besten Interfaces vorangetrieben, die für die vielfältigen Aufgaben im Informationsmarkt benötigt werden." (Dertouzos 1999, S. 114 f.)



Engelbarts Videokonferenz-Vorführung des NLS-Systems von 1968 als Medienkombination (Bootstrap-Institute: www.bootstrap.org/chronicle/pix/pix.html)

3 Medienkombinatorik als Gegenkonzept zu HCI-Entwicklungsgesetzen

Ich möchte daher dem Denken in Entwicklungsstufen das Konzept einer *Medienkombinatorik* entgegenstellen, das auf Erkenntnissen aus meiner langjährigen Beschäftigung mit der Technikgenese von Kommunikations- und Informationsmedien, der Reevaluation früherer Visionen und Zukunftsszenarien zur Informationstechnik und der historischen Aufarbeitung von Krisen- und Innovationsphasen der HCI beruht.

- Die technikgenetischen Analysen zu Kommunikations- und Informationsmedien führten mir immer wieder vor Augen, dass die technischen Experten beim Antizipieren neuer Medien und der Zuschreibung von Anwendungspotentialen sehr oft daneben liegen, da sie von der Extrapolation von technischen Leistungsparametern und vom Gerätepark und nicht von Medienwünschen und Anwendungsinteressen der User ausgehen.
- Die vergleichende Untersuchung von Medienerfindungen in Technikutopien und Science Fiction-Romanen zeigte mir, dass besonders eindringliche Vorwegnahmen der

heutigen Medienwelt in Zukunftsvisionen gerade nicht auf grundlegend neuen Techniken, sondern auf Kombinationen klassischer Informations- und Kommunikationsmedien beruhen, mit denen neuartige Nutzungsweisen erfunden wurden (Hellige 2004, 2007b).

- Durch die historische Aufarbeitung der Krisen- und Innovationsphasen der HCI-Entwicklung kam ich zu dem Resultat, dass die wichtigsten Pionierleistungen von Licklider, Engelbart, Sutherland und Kay, die in den 60er Jahren die entscheidenden Anstöße zur Entstehung unserer heutigen Computerwelt gaben, vor allem auf der Absage an die zeitgenössischen KI-Erwartungen zugunsten medienkombinatorischer Methoden beruhten (Hellige 2008b, Kap. 6).

Aus diesen Forschungsansätzen habe ich die *Medienkombinatorik* als heuristisches und didaktisches Konzept in der Ausbildung von Informatikern, Medieninformatikern und Elektrotechnikern entwickelt, das ich nach und nach zu einem Methodenbündel ausbauen möchte. Unter Medienkombinatorik verstehe ich die analytische und empirische Exploration und Konzipierung neuartiger Medienkonstrukte und Medienanwendungen aus bestehenden Medienkomponenten und Interfaces unter Einbeziehung fortschrittlicher technischer Wirkprinzipien und *absehbarer* technischer Neuerungen. Die Medienkombinatorik sieht also ab von Erwartungen grundlegender Wissenschaftsdurchbrüche in der Physik sowie umwälzender Technologiesprünge in der Informatik und Informationstechnik. Mein Konzept ist dabei im Unterschied zu Ansätzen einer vorwiegend *technikzentrierten* Medienkombinatorik, wie sie in der Entwicklung von Multimedia, Bildtelefon-Breitband-ISDN, Pen-Computing, Wearable Computing, Ubiquitous Computing und beim "Internet der Dinge" dominieren, Nutzer- und Anwendungs-zentriert.

In der Medienkombinatorik werden verschiedene Methoden der Ideengenerierung und des konzeptionellen Designs zusammengefasst:

- die kombinatorische Analyse und Variation von Interfaces auf Komponenten-Ebene
- die kombinatorische Exploration auf der Geräte- bzw. Information Appliance-Ebene
- die kombinatorische Synthese auf der Basis eines alltagsnahen Szenario-Writing, das von den Anwendungen und nicht von der Technik her denkt.

Die Kombinatorik als Analyse von Variationsmöglichkeiten und als Kunst des Kombinierens und Zusammensetzens nähert sich im Kontext von Medien bestenfalls auf der Interface- und Komponenten-Ebene dem herkömmlichen strengen Verständnis von Kombinatorik. Als eine weitgehend *qualitative* Methode des Kombinierens, entspricht

sie eher Fritz Zwicks morphologischer Methode, während sie grundlegend von der *mathematisch-logisch fundierten* "ars combinatoria" von Leibniz und dem darauf aufbauenden Teilgebiet der Mathematik abweicht.

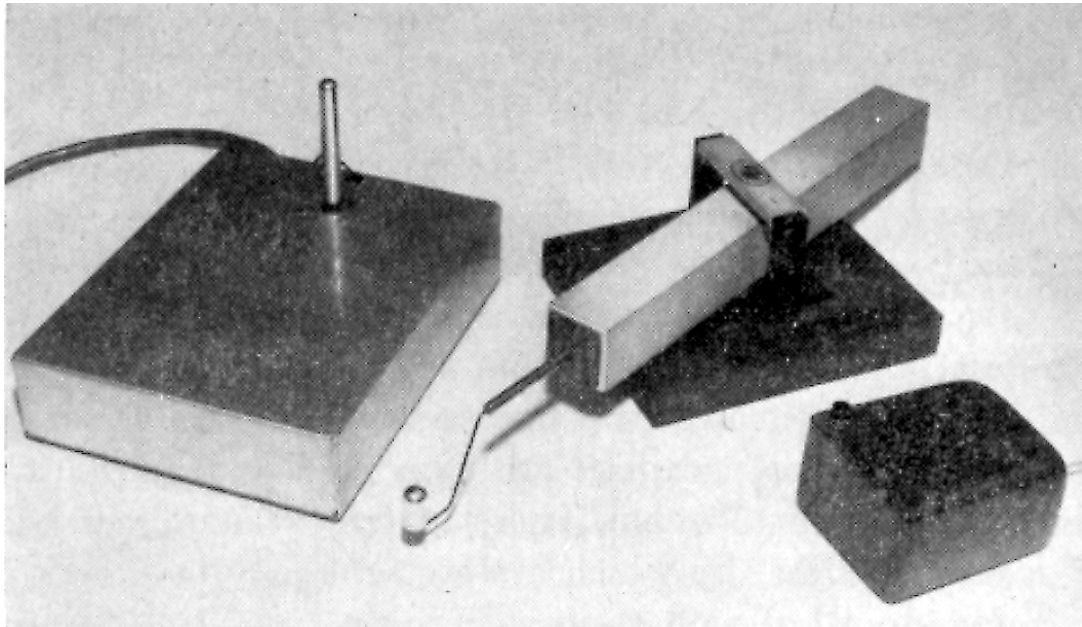
Die einzelnen Methoden der Medienkombinatorik möchte ich im Folgenden näher vorstellen anhand von Beispielen der klassischen Meister der Medienkombinatorik mit Ausblicken auf neuere Vertreter und beginne mit analytischen Kombinationsansätzen auf der Interface- und Komponenten-Ebene.

3.1 Kombinatorische Analysemethoden auf der Interface- und Komponenten-Ebene

Alle Schlüsselpersonen für die Umwälzung der Computerbedienung in den 60er Jahren begannen ihre Suche nach neuen Interfaces und Intermedien mit einer Bestandsaufnahme der vorhandenen Input/Output-Devices, die sie dann nach verwendeten Basistechniken, Kommunikationskanälen, Raumdimensionen, Aufgabentypen usw. ordneten. Besonders systematisch ging *Douglas Engelbart* bei der Auslotung des Designraums physikalischer Interfaces vor. Nach der Durchmusterung des historisch realisierten Designraums ging er seit Anfang 1963 alle menschenmöglichen Interaktionsformen per Hand, Fuß, Knie, Nase und Augen systematisch durch, wobei er Mund bzw. Sprache wegen nicht absehbarer Realisierbarkeit ausklammerte. Die einzelnen Eingabeorgane wurden dann mit allen ihren Eingabemöglichkeiten auf ihre praktischen Verwendungseigenschaften und das jeweilige Zusammenspiel von "physical und mental skills" hin durchgetestet. Das hieß bei der Hand die natürliche (Handschrift) und die Tastatur-basierte Eingabe, bei letzterer die ein- und zweihändige Bedienung, wobei er alle Varianten von der Morsetaste über das Fünftasten-"Chording Device" zum Zehntasten-System sowie zu verschiedenen Schreibmaschinen- und Stenographen-Tastaturen durchspielte.²¹ Er ordnete dann alle »input devices« für komparative Konzeptstudien und Vergleichstests in einer zweidimensionalen Matrix an: »Much as the periodic table of the elements has characteristics which define groups along rows and columns, we laid out a grid of existing devices. And just as the periodic table's rules have led to the discovery of certain previously unknown elements, this grid ultimately defined the desirable characteristics of a device that didn't exist«. (Maisel, Engelbart 1996) Dadurch zog er als erster Datenhandschuhe und "eye position tracking schemes" als Eingabemedien in Erwägung. Auch die Maus entstand im Rahmen dieser Erkundung von Kombinationsmöglichkeiten, wobei Engelbart allerdings am Ende doch einem historischem Vorbild aufsaß, dem von zwei Rädern getriebenen Rollplanimeter.

²¹ Engelbart-Bericht an Robert Taylor vom 5.4.1963, Engelbart 1988, S. 194-201, eine Vorform der Kombinatorik in Engelbart 1961; Friedewald 1999, S. 163 f., 168-184.

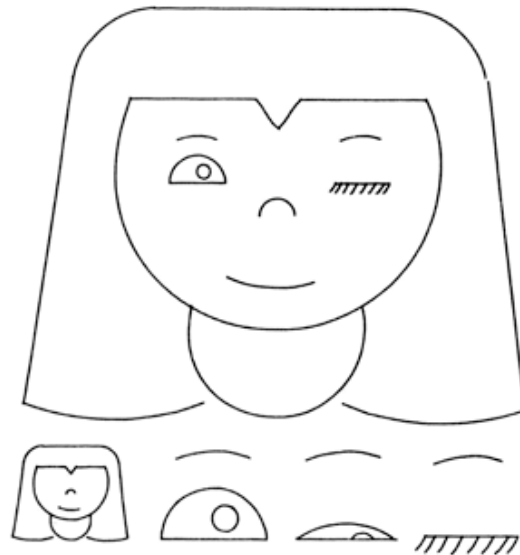
Erst Ronald Riders Erfindung der "ball mouse" behob diesen Designfehler durch die Umkehrung des Prinzips des bereits in den 50er Jahren erfundenen Trackballs (siehe Engelbart 1973, S. 222; Hellige 2008b, S. 39-41).



Die Positioniergeräte Joystick, Grafacon (Eingabegerät für Koordinaten und Kurven) und Maus bei der ersten systematischen Vergleichsstudie (English, Engelbart, Berman 1967, S. 6 ff.).

Insgesamt wies Engelbarts Vorgehensweise, den Designraum über zweidimensionale Matrix-Darstellungen zu ordnen, dadurch übersehene Kombinationsmöglichkeiten zu ermitteln und eine Grundlage für systematische Vergleichsstudien zu schaffen, den Weg für die späteren mehrdimensionalen Designspace-Taxonomien von Hutchins u.a. (1986), Foley u.a. (1987, 1990), Card u.a. (1990, 1991), Frohlich (1992), Bos (1993), und Jacob (1996). Diese recht unterschiedlichen Taxonomien und Design-Space-Matrizen strukturieren den Lösungsraum von Input-/Output-Devices auf der Basis von Raumdimensionen, Aktionsflächen-Bedarf, physikalischen Eigenschaften (Kraft, Linear- und Drehbewegung) Bandbreite der Interaktion, (In)Direktheitsgrad der Operationsweisen sowie von logischen Funktionen und Dialogstilen. Taxonomien und "Frameworks" für multimodale/multimediale und "intelligente" Interaktionssysteme erweitern den Kriterienkatalog noch um Art, Anzahl und Parallelität der sensorischen Kanäle sowie Abstraktionsgrad, Absichtlichkeit, Sprachcharakter, Kontextbezug u.a. (Coutaz u.a. 1993; Bernsen 1993). Diese auf Zwicky's morphologischer Methode aufbauenden Bemühungen, den Designraum durch stark ausdifferenzierte Designkriterien möglichst komplett zu beschreiben, hat zwar einzelne Neukombinationen angeregt wie etwa John Sieberts "finger-mounted pointing device" (Card 1998; S. 609), doch zu dem erhofften Interface-Design aus dem Baukasten ist es nicht gekommen. Für die in

hohem Maße gestalthaften und auf Metaphern beruhenden Interfaces erwies sich ohnehin kreatives und empirisches Ausprobieren von medialen Kombinationen als erfolgreicher als analytisch-systematisierende Methoden.



*Sutherlands erster Schritt zu einer Grafikanimation im "Sketchpad":
"Winking Girl 'Nerfertite' and her component parts", 1963, S. 344*

So entwickelte *Ivan Sutherland* mit praktischen, schrittweise vorgehenden medienkombinatorischen Methoden sein berühmtes Sketchpad-System von 1962/63, das die Grundlagen der interaktiven graphischen Datenverarbeitung legte (Nake 2004, 2008, S. 128 ff). Durch die Kombination einfacher geometrischer Gebilde zu 'Objekten', die er unter einzelnen oder kombinierten Nebenbedingungen ("restrictions") zu Teilbildern und Bildkompositen zusammensetzte, schuf er eine wesentliche Ausgangsbasis für die "Objektorientierung". Über die Verknüpfung von Darstellung, Bearbeitung, Speicherung, Simulation, Animation und Übertragung grafischer Informationen erprobte er immer wieder neue mediale Interaktionsformen. Auch bei den physikalischen Interfaces erkundete er neue Möglichkeiten, wobei er sich von Engelbarts enger Bindung der Ein-/Ausgabemedien an die menschlichen Bedienorgane löste. Für ihn ging es zunächst um die Erweiterung des eindimensionalen alphanumerischen zum zweidimensionalen grafischen Interaktionsraum: "The Sketchpad system, by eliminating types statements (except for legends) in favor of line drawings opens up a new area of man-machine communication." (Sutherland 1963, S. 329) Er ging dann auch noch die nächsten Schritte zu 3D, zu animierten Grafiken und Computer-generierten Bewegungsbildern. In diesem Kontext entwickelte Sutherland 1965-68 das erste Computer-gesteuerte "Head-Mounted Device" (HMD) und experimentierte auch bereits mit durch Kopfhaltung gesteuertem Navigieren in virtuellen Räumen. Über von einem "head

position sensor" erfasste Kopfbewegungen wurden dreidimensionale Sichten eines simulierten Raumes vom Computer zu dynamisch angepassten "*virtual images*" verarbeitet, die der Benutzer mit den zwei Miniatur-Bildschirmen des HMD betrachtete: "Even with this relatively crude system, the three dimensional illusion was real". Dabei war der durch möglichst genaue Verfolgung der Kopfpositionen erzeugte kinetische Tiefeneffekt für die Illusion, im Raum von beweglichen dreidimensionalen Objekten umgeben zu sein, wichtiger als die erreichte 3D-Qualität (Sutherland 1968, S. 757, 763; 1970, S. 71). Zur Steigerung der Perfektion der Illusion spielte Sutherland schließlich sogar mit dem Gedanken der künftigen Einbeziehung aller Sinne in die Kommunikation mit Computern. Denn die mit jedem zusätzlichen Kombinationsschritt verbreiterte sensorische Bandbreite führe dem Computer eine immer "größere Vielfalt an Informationen" zu und erweitere dadurch den medialen Raum und das Potential für neue Anwendungen (Sutherland 1966, S. 51 f.).

Eine additive Designmethode verwendete auch der Künstleringenieur *Myron Krueger* bei der Entwicklung seiner "Responsive Environments" zwischen 1969-75. Mit dem Ziel eines menschengemäßen "ultimativen Interface" erforschte er in einer Reihe von Einzelprojekten die Wirkung der Kombination einzelner sensorischer Dimensionen, um sie dann im "Videoplace" zu einem "composed environment" zusammenzufügen (Krueger 1993, S. 289-304). Als Interaktions-Künstler entwickelte er schrittweise ein "richly composable medium" mit einem "rich repertoire for an unusual dialogue", das sogar Laien von verschiedenen Orten aus ein künstlerisches Interagieren im virtuellen "Videoplace" ermöglichte. Die kollaborativen Telepräsenz-Experimente seiner "artificial realities" (Krueger 1977, S. 389) hatten maßgeblichen Einfluss auf die Herausbildung der Virtual Reality. Doch die Integration der verschiedenen Einzelmedien für die 3D-Navigation zu einer "Virtual Environment Workstation" gelang erst einem weiteren "artist-engineer", Scott S. Fisher von der Architecture Machine Group am MIT (Fisher 1982, 1990).

Bei der Integration einzelner Eingabe-/Ausgabemedien zu unterschiedlichen Gerätekonstellationen handelt es sich zwar auch noch um ein *analytisches* Durchspielen oder *empirisches* Erproben möglicher Kombinationen. Doch die kombinatorische Analyse und Variation ist hier bereits mit synthetischen Prozessen und der Ausschau nach möglichen Nutzungseigenschaften für jede Variante verbunden. Aber den Ausgangspunkt bilden hier noch die Technik und nicht bestimmte Anwendungen oder mediale Nutzungsweisen. Das methodische Vorgehen dabei möchte ich nun kurz meinem nächsten Abschnitt vorstellen.

3.2 Kombinatorische Analysemethoden auf der Geräte-Ebene

Unter den Klassikern der Medienkombinatorik waren es vor allem Licklider und Engelbart, die sich analytischen Kombinationen von "interaction devices" widmeten. *Joseph Licklider*, der in der ersten Hälfte der 60er Jahre als Leiter der IT-Forschungsförderung der ARPA die wichtigsten Weichenstellungen für die heutige PC- und Internet-Welt gab, legte in einer Reihe bahnbrechender Aufsätze die theoretischen Grundlagen für die "Man-Computer Symbiosis"²². Da er auf den von ihm anfänglich favorisierten natürlichen Dialog mit dem Rechner nicht warten wollte, entwickelte er die Methode einer Kombination neuer Interfaces und Medien aus bekannten Mustern. Denn für ihn stand fest: »A new concept is achieved, not by creating a new schema ab initio, on a custom basis, but by adapting an old schema or, if necessary, arranging several refurbished schemata into a new, complex structure.« (Licklider 1965a, S. 3) Um sich dabei aber von den bekannten Techniken zu lösen, formulierte er die »schemata« abstrakt, denn dann würde es möglich »to break them down and recombine them into new configurations, always on the lookout for new elements, if one is to progress.« Er unterschied so implizit bereits ein naiv mechanisches oder ekklektisches von einem systematischen und innovativen Kombinieren. Sein Ziel war es, unter den vielen möglichen Kombinationen besonders erfolgversprechende Schemata herauszufinden, er sprach von "convenient arrangements of the elements of the physical intermedium"

Am zukunftsträchtigsten erschienen Licklider (1960, S. 9 ff.; 1965a, S. 93-104)

- ein grafisches Interaktionsschema (»The Oscilloscope-and-Light-Pen Schema« einschließlich diverser Pointing Devices),
- eine textuelle Interaktionsform (»The Typewriter-Hardcopy-Display Schema«),
- das am gewohnten »writing desk« orientierte »Consoles and Workspaces Schema«, das bereits 1962 in Richtung »Desktop-Computer« wies, sowie ein
- der klassischen Tafel entsprechendes »Group-Computer-Interaction Schema«

Das größte Potential für die Zukunft sah er in der »general-purpose console«, einem multimedialen Universal-Intermedium, das neben Bildschirm und Tastatur auch Light-Pen, Digitalisier-Tablett, Kamera, Projektor, Mikrophon, Lautsprecher, Telefon, Uhr sowie für die 3D-Ansteuerung einen »bowling ball« aufweisen sollte (Licklider 1965c, S. 508). Als Fernziel schwebte ihm sogar schon eine Art mobiler Tablet-Computer oder E-Paper-Device vor: »a thin sheet of plastic - sensitive to a stylus, capable of bright display in colour with selective erasure, controllable by computer, and inexpensive.« (Licklider 1968, S. 210) Er verwendete die Kombinationsmethode auch für die Bediensoftware und gelangte, angelehnt an Sutherlands Sketchpad, Mitte der 60er Jahre zu

²² Siehe die Aufstellung der Aufsätze in der Bibliographie.

den Grundgedanken grafischer Dialogtechniken, etwa visuelle Symbole und menügesteuerte Dialoge, und sogar schon zu einer Art »Direkter Manipulation« (Licklider 1967, S. 63, 67).



*Engelbarts erste Version der Workstation mit Grafacon
(Quelle: <http://dougengelbart.org/images/pix/img0024.jpg>)*

Im Unterschied zu Lickliders theoretisch-spekulativem Vorgehen ging *Engelbart* beim Kombinieren verschiedener Ein-/Ausgabemedien zu Gerätearrangements weitgehend experimentell vor, wobei er schon in den 60er Jahren Mock-ups einsetzte, die ein Jahrzehnt später auch *Alan Kay* für die Erprobung von Bedieneigenschaften seines "Dynabook" aufgriff. Mit seiner von ihm "Bootstrapping" genannten evolutionären Methode der spekulativen Variantenerzeugung und experimentellen Lösungsauswahl schufen Engelbart und sein Team verschiedene Prototypen einer PC-artigen Workstation aus Maus, Einhandtastatur, Schreibmaschinentastatur und einem modifizierten TV-Bildschirm (Engelbart 1973; Friedwald 1999, S. 192 ff.). Für das Erproben der Maus-Bedienung verwendete er Holzmodelle und das Arbeiten mit seinem Hypertextsystem spielte er an Sätzen von IBM-Lochkarten durch. Selbst mit diesen primitiven "Notecards" und dem "simple equipment" gelang es ihm, einen "workspace" zu entwickeln, "in which I can browse, make additions or corrections, or build new sets of thought kernels with a good deal of freedom". (Engelbart 1962, Kap. III A3). Neben dem "intelligent terminal" konzipierte er auch hypothetische Spezialgeräte wie ein mit

einem einem "reading stylus" arbeitenden Textverarbeitungssystem und ein tragbares Dictionary mit vollem Wortschatz und Erklärung (Engelbart 1963a, Kap 3.1).

Obwohl die Verwendung analytischer Kombinationsmethoden zur Erzeugung neuartiger Intermedien zu teilweise erstaunlichen Resultaten führte, erkannten alle frühen Medienkombinatoriker sehr bald, dass man mit bloßem Verknüpfen von Input-/Output-Instrumenten keine neuen Medien erschaffen kann. Neue mediale Nutzungsweisen entstehen nicht, so lässt sich ihrem Vorgehen erschließen, aus dem Gerätepark, sondern aus in der Arbeits- und Lebenswelt verankerten Nutzungsszenarien. Bevor ich dies näher ausführe, möchte ich einen kurzen Blick auf einen aktuellen Kombinatorikansatz auf Geräteebene werfen, der in der HCI-Community unter dem Begriff "*information appliances*" diskutiert wird.

Der Denkansatz geht zurück auf den Designer des Macintosh *Jef Raskin*, der 1979 in einem internen Apple-Memorandum die Frage aufwarf, ob an die Stelle der für die meisten schwer zu bedienenden Multifunktions-PCs mit ihren komplexen Softwarepaketen nicht besser unterschiedliche kommunikationsfähige "information appliances" mit jeweils begrenztem Funktionspektrum treten sollten (Raskin 1982). Doch die Idee von Clustern von "single function devices" wurde erst Mitte der 90er Jahre am "Centre for Personal Information Management" in Bristol aufgegriffen. Dort schufen *Thomas, Meech und Macredie* (1995) eine Entwicklungsmethode für "information appliances" durch schrittweises Kombinieren von Gerätefunktionen mit dem Ziel der Generierung dedizierter Geräte für das Ubiquitous Computing. So werden Alltagsgegenstände wie z.B. Bilderrahmen mit IT-Funktionen angereichert, so dass daraus ein Gerät für den programmierbaren Bildwechsel entsteht. Verschiedene "personal information appliances" sollten dann zu einer "appliance family" integriert werden.

Durch *Donald Normans* Buch "Invisible Computer" (1998) rückten seit dem Ende der 90er Jahre "information appliances" nach Vorbild monofunktionaler "household appliances" zur grundlegenden Alternativstrategie auf, mit der die Komplexitätsbarriere des PC-basierten Computing gebrochen werden sollte. Er selbst führte vor, wie man durch spekulatives oder probierendes Kombinieren von Interfaces anwendungsspezifische Geräte erzeugen kann, die in Zukunft als verteilte Ensembles den zentralen Allzweck-PC verdrängen sollen. Dazu gehören etwa eine Küchenuhr, die bei Bedarf zum Wetter- und Verkehrsdisplay wird und ein Fotoapparat, der durch Hinzufügung von Übertragungsfunktionen zum visuellen Kommunikations-Tool wird, ohne dabei gleich zum Mini-PC zu entarten. Auch in Wänden, Einrichtungsgegenständen und als "ultimate appliances" in der Kleidung sowie am und im Körper sollten "low power devices" eingebettet werden: "New tools, new activities. All this with an absolute

minimum of complexity" (Norman 1998, S. 264). Norman verstand seine Lösungsvorschläge für "information appliances" aber noch nicht als konkrete Produktideen, sondern eher als Anregungen für eine medienkombinatorische Designphilosophie, ja er hoffte, dass künftig wie beim Internet der Schwerpunkt der Anwendungs-Entwicklung von den IT-Spezialisten auf die IT-Nutzer übergehen würde: "These early appliances set the stage. They could be greatly enhanced were they all to share a common protocol, so all could speak to one another, letting creative users discover imaginative new combinations of devices and functions." (Ebda., S. 59)

Die vielversprechenden Ideen Normans sind bislang noch kaum umgesetzt worden. Die von *Eric Bergmann* im Jahr 2000 zusammengeführten ersten praktischen Realisierungen, die Norman im Vorwort bereits als Beweis für die Reife des Konzeptes wertete, zeigen eher die mannigfachen Zwänge, Zielkonflikte und Standardisierungsdefizite, die der beabsichtigten schnellen Ablösung des "Auslaufmodells PC" (Semar 2002, S. 157) im Wege stehen. So hat die Industrie den vollständigen Ansatz bisher auch noch nirgends realisiert, da die funktionale Spezialisierung unweigerlich kleinere Stückzahlen und damit höhere Preise zur Folge hat. Auch die ökonomischere Clusterung von "information appliances" führt schnell zu heterogenen proprietären und damit inkompatiblen "information environments". Ein Problem stellen auch inkonsistente Bedienphilosophien dar, die durch die Vermischung unterschiedlicher gerätespezifischer mentaler Modelle und Quellmetaphern entstehen können (Goldstein u.a. 2003, S. 372). Die IT-Hersteller tendieren daher eher zu "*universal* information appliances" (Eustice, Lehmann, u.a. 2000) oder zu PC-artigen Appliances-Familien wie bei PDAs und Smartphones, die aber Normans ursprüngliche Idee konterkarieren. So gilt noch immer Bill Gavers Kritik am Ansatz (2000, S. 209; vgl. auch Odlyzko 1999), dass das so inspirierende Konzept von "information appliances" bisher nicht über eine abstrakte Vision, Infrastrukturüberlegungen und einzelne Gelegenheitsbeispiele hinausgelangt ist. Hier wie beim Ubiquitous Computing generell fehlen bislang überzeugende Bedienkonzepte und vor allem alltagsnahe Nutzungsszenarien, wie sie die frühen Meister der Medienkombinatorik so erfolgreich eingesetzt haben.

3.3 Die kombinatorische Synthese auf der Basis eines alltagsnahen Szenario-Writing

So wie sich bei den Wegbereitern des Interaktiven Computing ähnliche Kombinationsmethoden bei Interfaces und Gerätekonstellationen finden lassen, so stimmen sie auch darin überein, dass sie ihre neuen Nutzungsideen für das dynamische Medium Computer nicht aus den kombinatorischen Arrangements von Hardware und Software entwickelten. Vielmehr arbeiteten alle Genannten mit praxis- bzw. lebensnahen Szenarien einer zukünftigen medialen Computernutzung, die gelegentlich sogar den Charakter von Science Fiction annahmen. Das Vorbild hierfür fanden sie in *Vannevar Bushs* Memex-Szenario, dem frühen Meisterwerk der Kombinatorik, das dieser bereits 1933 in Form einer Zukunftsschau skizziert und 1945 in einer Vision interaktiver Arbeitsstationen mit einander kommunizierender Wissenschaftler durchgestaltet hat. Erst durch die fiktive Darstellung konkreter Arbeits- und Informationsaktivitäten aus der Perspektive der Nutzer gelang es Bush, mit dem aus vorhandenen oder unmittelbar bevorstehenden Einzeltechniken zusammengesetzten medialen Ensemble grundlegend neue Formen der Interaktion, des Informationsaustausches und der Wissensproduktion und -kommunikation zu entwerfen, insbesondere die hypertextartige und z.T. schon hypermediale Dokumenten-Verknüpfung. Die Zugrundelegung einer konventionellen, ja teilweise rückständigen technischen Basis bildete somit kein Hindernis für die Erfindung revolutionär neuer Nutzungsideen.

Obwohl *Lickliders* erster Entwurf einer zukünftigen symbiotischen Mensch-Computer-Beziehung von 1960 noch ohne Kenntnis des Bush-Textes entstand, folgte er später dessen Beispiel. Er entwarf Mitte der 60er Jahre komplette Zukunftsvisionen für eine computergestützte Informationsproduktion und -versorgung im Jahr 2000 (Licklider 1965a). Dabei abstrahierte er von allen traditionellen medialen Formen der Wissensrepräsentation, denn Bücher, Zeitschriften oder Druckseiten erschienen ihm aufgrund ihres physikalischen Charakters hinderlich für das eigentliche Ziel, "man's interaction with transformable information". Diese konkretisierte er am Beispiel der Entstehung eines Forschungspapiers, das an einen vereinbarten "network editor" weitergegeben wird. Das fertige Dokument ist allen "members of the network" zugänglich, es kann sofort über elektronische Retrievaltechniken erschlossen und von jedem angeschlossenen Rechner abgerufen werden. Im Einzelnen beschrieb Licklider spezielle Medienszenarien für bestimmte Anwendungsbereiche, so für die lokale Kooperation (»project meeting as a model«), die individuelle Kommunikation über ein Computernetz (»face to face through a computer«) und schließlich sich selber organisierende Nutzergemeinschaften (»on-line interactive communities«) (Licklider, Taylor 1968, S. 21-23). In einer Umgebung, die noch weitgehend von Lochkarten-betriebenen Mainframes und mit Teletypewritern bedienten Time-Sharing-Systemen bestimmt war, ent-

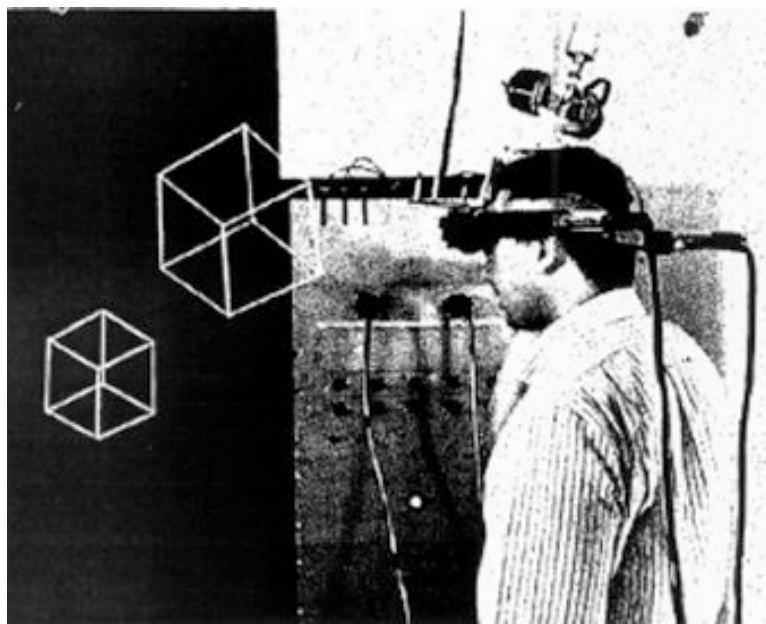
warf Licklider damit in seinen Szenarien bereits das mediale Konzept des Internet bzw. des World Wide Web.



Cartoons zu den Anwendungsszenarien 'Projekttreffen' und 'persönliche Kommunikation über den Computer' Licklider, Taylor 1968, S.26

Douglas Engelbart übernahm ebenfalls Bushs Szenario-Methode und folgte auch dessen Ansatz, mit einfachen Tools und "lower-level functions" mächtige "higher-level capabilities" zu realisieren (Engelbart 1961). Die Synthese der analytischen Kombination auf der Interface- und Device-Ebene erreichte er über praktische Nutzungsszenarien und hypothetische Beschreibungen eines kompletten computerbasierten Systems der Intelligenzverstärkung ("Augmented Knowledge Workshop"). Er begann mit einer "hypothetical description of a computer-based augmentation system" für wissenschaftliche und sonstige professionelle Tätigkeiten, wobei er in dieser "general description" bzw. "generalized prediction" noch jegliche Festlegung auf konkrete Techniken oder gar auf den Stand der Technik vermied (Engelbart 1963a, S. 36 f.). Das "conceptual framework" des geplanten Online Systems "NLS/Augment" aktualisierte und konkreti-

sierte er im Laufe der erreichten Entwicklungsfortschritte mehrmals, doch auch hierbei orientierte er sich bei dem Redesign und der Bewertung der Systemkomponenten noch immer an der Vision, am "functional whole and its purpose" (Engelbart 1960, 1962, 1963a, S. 43 f., 1968). Am Ende konnte er das Ergebnis der Visions-geleiteten Synthese in der berühmten Demo von 1968 als ein tatsächlich funktionierendes Online-Arbeits- und Kommunikationssystem der Öffentlichkeit vorstellen und dabei die ganze Spannweite seiner medialen Neuschöpfungen vorführen: Textverarbeitung, E-Mail, Hypertext, Tele-/ Videoconferencing, und Groupware (Friedewald 1999, S. 214-220).

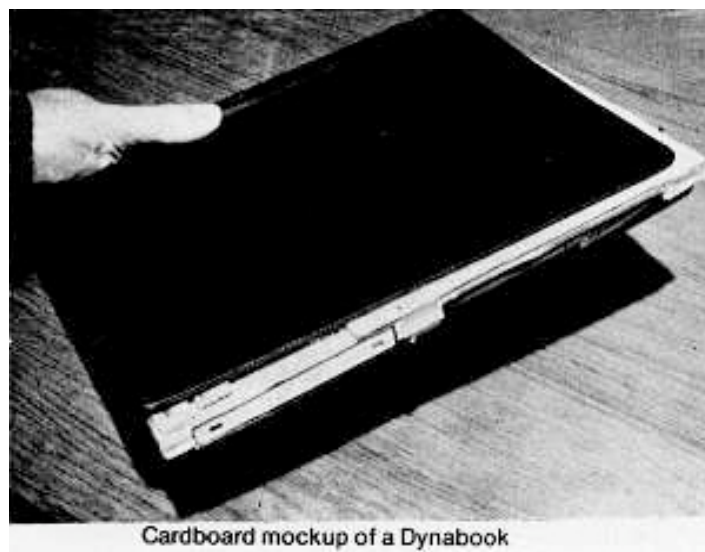
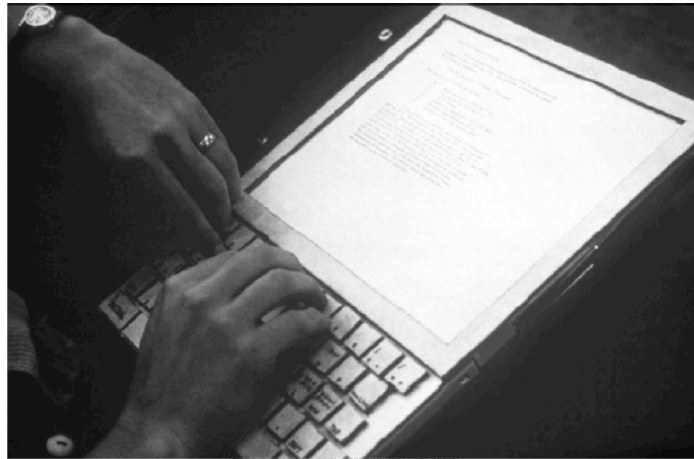


Kopfsteuerung beweglicher geometrischer Objekte per Head-Mounted Device, Digitale Bildmontage in Sutherland 1970b

Auch bei *Ivan Sutherland* erfolgte die Synthese der kombinatorischen Erkundung des HCI-Designraums in Entwürfen fiktiver Medien und in umfassenden Szenarien künftiger Computernutzung. Seine im Rahmen der Sketchpad-Entstehung konzipierte Nutzungsvision war noch eng an Lickliders "Man-Computer Symbiosis" und Wesley Clarks "interaction culture" am MIT orientiert (Sutherland 1962, S. 24 ff.). So verstand er sein Computer-basiertes Grafiksystem als neuartiges dynamisches Zeichenwerkzeug, als technisches und künstlerisches Konstruktions- und Designmedium sowie als universelles Simulations-Tool zur Erforschung mathematischer Räume und Strukturen. Schließlich sah er aufgrund der verwendeten "picture language perfectly natural to human" die Computergrafik als ersten Schritt zur 'natural interaction' und damit als eine "new area of man-computer communication". Sein mediales Zukunftsszenario einer stufenweisen Ausweitung des Interaktionsraumes baute er dann in seinem berühmten Symposiums-Beitrag »The Ultimate Display« beim IFIP Congress 1965 zum visionären Entwurf eines »kinesthetic display« aus, mit dem er einen Großteil der

Hardware/Software- und Nutzungskonzepte der Virtual Reality vorwegnahm (Sutherland 1965a). Mit diesem fiktiven Medium wollte er den an die physikalische Welt gebundenen Fernrohren und Mikroskopen ein weiteres Forschungsinstrument zur Seite stellen, das den menschlichen Wahrnehmungs- und Entdeckungshorizont in den Bereich mathematischer, logischer und nicht-materieller Strukturen ausweitet und das sich als ein allgemeines Visualisierungs- und Simulationswerkzeug zur Überprüfung wissenschaftlicher Konstrukte jeglicher Art eignet: "[...] a computer enables us to examine the structure of a man-made mathematical world simulated entirely within an electronic mechanism. I think of a computer display as a window on Alice's Wonderland in which a programmer can depict either objects that obey well-known natural laws or purely imaginary objects that follow laws he has written into his program." (Sutherland 1970a, S. 57; ähnlich in 1965a, S. 507 f.).

Dieser für die kurz- oder mittelfristige Übergangsperiode des interaktiven Online-Computing entworfene medialen Vision stellte Sutherland im selben Jahr sein noch viel weiter ausgreifendes Szenario "The Future of On-Line Systems" zur Seite, in dem er die folgende Periode einer fortschreitenden Automatisierung der Mensch-Computer-Beziehung beschrieb, die sich aus dem Zusammengehen von Prozesssteuerungen, Information Retrieval- und KI-Problemlösungssystemen ergeben würde. Denn stärker als Licklider und Engelbart von Marvin Minsky beeinflusst, hielt er es für wahrscheinlich, dass Computer immer mehr Wissen über die User und ihre Umgebung erlangen und dadurch schon in den folgenden Jahrzehnten selbsttätig agieren können. Ja er hielt es für möglich, dass die Dinge schon bald ohne menschliche Eingriffe Aufgaben untereinander regeln, womit er bereits 1965 Ideen des Ubiquitous Computing vorwegnahm: "What I am predicting is that today's interest in systems in which a man and a machine get together on-line will be replaced in the distant future by interest in systems in which a computer gets directly on-line with the real world, sensing and interacting with it directly through transducers. The ›real world‹ with which such systems interact will include human beings, of course." (Sutherland 1965b, S. 13) Sutherland bereitete damit das Feld für stärker VR- und KI-orientierte Kombinatorikansätze, wie sie Nicholas Negroponte und Scott S. Fisher in den 70er und 80er Jahren entwickelten (siehe auch Hellige 2008b, S. 45-47, 59-62).



Mockup-Version der fiktiven Medienkombination »Dynabook« von 1971²³

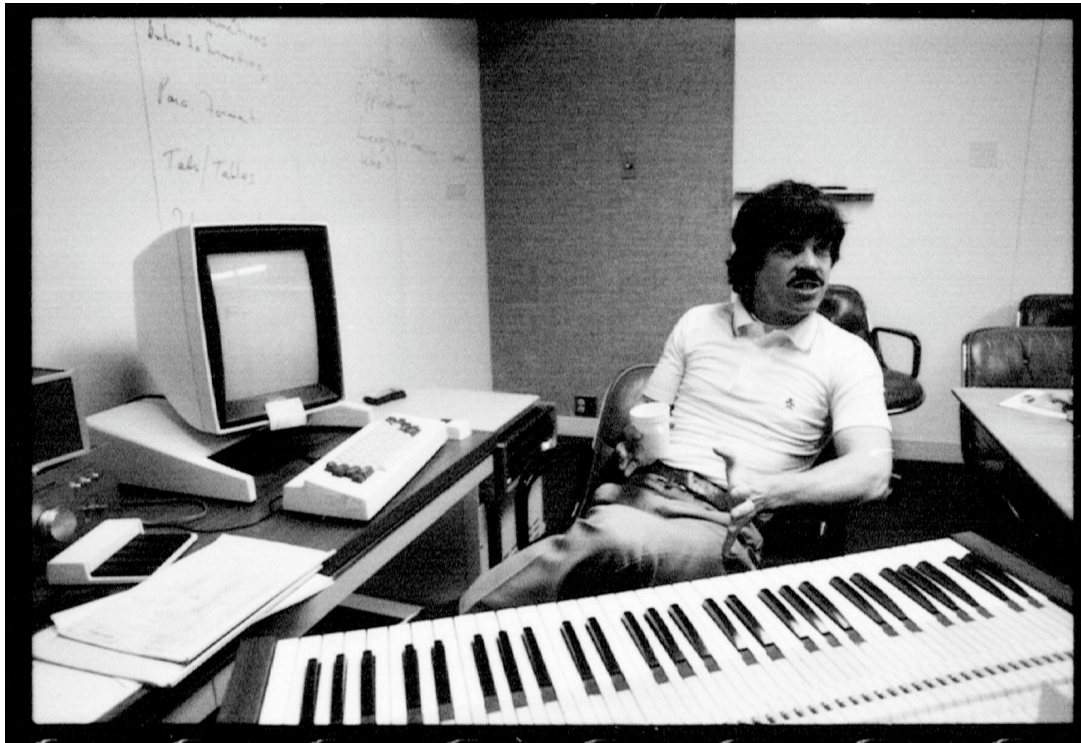
Sutherlands und Evans Schüler *Alan Kay* verwendete bei seiner Synthese des grafikorientierten "Personal Computing" ebenfalls Methoden des Scenario-Writing. Er sprach sogar ausdrücklich davon, dass man seine fiktiven Konstruktionen und Anwendungsvisionen durchaus auch als Science Fiction auffassen könne. Doch ging es ihm dabei nicht um synthetische Räume und ein mathematisches Wunderland, sondern um ein universelles Mikrocomputer-Lernmedium, das im Gegensatz zur passivisierenden TV-Berieselung und behaviouristischen Lernautomaten Wissens- und Phantasieräume aktiv und spielerisch erschließt und so die kreative Entfaltung fördert.²⁴ In bewusster Anknüpfung an die Medienfiktionen von Bush, Licklider, Engelbart und Sutherland entwickelte er seine Vision eines "personal, portable information manipulator" in Gestalt

²³ http://www.computer.org/portal/cms_docs_computer/computer/homepage/Sept07/r9gei01A.jpg

²⁴ "This note speculates about the emergence of personal, portable information manipulators and their effects when used by both children and adults. Although it should be read as science fiction, current trends in miniaturization and price reduction almost guarantee that many of the notions discussed will actually happen in the near future." (Kay 1972, Abstract)

einer "fantasy machine", dem "Dynabook". (Kay 1972). Als ein "carry anywhere device" sollte dieses aktive, dynamische Medium langfristig viele alte Medien in sich aufnehmen und völlig neue, noch nicht erfundene ermöglichen: "Imagine having your own self-contained knowledge manipulator in a portable package the size and shape of an ordinary notebook. How would you use it if it had enough power to outrace your senses of sight and hearing, enough capacity to store for later retrieval thousands of page-equivalents of reference materials, poems, letters, recipes, drawings, animations, musical stores, waveforms, dynamic simulations, and anything else you would like to create, remember, and change?" (Kay 1975, S. 2) Im Unterschied zu Sutherland glaubte er nicht an baldige Erfolge der KI, denn "nobody knows whether artificial intelligence is a 10-year problem or a 100-year problem." (Kay/Postman 1999) Er wollte die Interface- und Interaktions-Techniken nicht intelligenter machen, sondern ähnlich wie Bush und Engelbart in Fortführung erkennbarer Trends der vorhandenen Techniken mit Computern völlig neue Repräsentationsmöglichkeiten für Ideen schaffen: "We haven't gotten any smarter, we've just changed our representation system. We think better generally by inventing better representations; that's something that we as computer scientists recognize as one of the main things that we try to do." (Kay 1989, S. 6) Es war diese Selbstbescheidung, die gerade ihn befähigte, dem interaktiven Personal Computing den entscheidenden Anstoß zu geben und Geräte- und Bedienkonzepte in der Art des iPad und des iPhone zu antizipieren.

Mit seiner Medienvision wollte Kay den Spielraum möglicher Anwendungen ausloten und zugleich als »Holy Grail version« des zukünftigen »personal computer« die Designer in ihren alltäglichen Entwicklungsarbeiten immer wieder an die ursprünglichen Zielsetzungen erinnern (Kay 1975, S. 4). Seinen eigenen Anteil an der Entstehung der »Personal Dynamic Media« (Kay/ Goldberg 1977) erblickte er nicht so sehr in einer radikalen Neuentwicklung als vielmehr in der Synthese von bereits Bestehendem, im Aufgreifen von Nutzerwünschen der Computerlaien sowie im Zusammenfügen von objektorientierten Softwaretools, symbolischen Interaktionsansätzen und neueren Interfaces zu einem universellen Spiel-, Wissens-, Design-, Planungs- und Kommunikations-Medium (Kay 1990, S. 196) Wie die Genese des Interaktiven Computing kann auch die Integration der graphischen Interaktionstechniken und der neuen grafikorientierten Interfaces bzw. Intermedien zu der bis heute dominierenden Desktop-GUI-Welt in hohem Maße als Ergebnis medienkombinatorischer Analyse- und Synthese-Methoden gewertet werden.



Alan Kay an einer Kombination von Xerox-Alto-Workstation und elektronischem Klavier. (Quelle Xerox-PARC-Archiv; www.adeptis.ru/vinci/m_part2.html).

Die hier sichtbar gewordenen fließenden Übergänge von Scenario-Writing und Science Fiction sollten m. E. ein Anlass sein, neben den Klassikern der Medienkombinatorik auch entsprechende Vorgehensweisen bei der Konstruktion *fiktiver* Medien in Technikutopien und SF-Romanen zu erforschen. Meine eigenen Studien zu literarischen Medienkonstrukten haben mir nämlich gezeigt, dass Gestalter fiktiver Medien mit ihren 'Erfindungen' in sehr vielen Fällen Zukunftsentwicklungen besser antizipieren als professionelle Medienkonstrukteure (Hellige 2007b). Denn deren Medienszenarien verzichten überwiegend auf konkrete Medienkonstrukte und Interface-Visionen, da sie von einer bald realisierbaren natürlich-sprachigen Konversation mit intelligenten Maschinen ausgehen. Medienphantasien in den utopisch-technischen Romanen erzielen demgegenüber meist höhere Trefferquoten, da sie die Nutzungsspektren und -schwerpunkte gerade nicht aus den prognostizierten Wirkmechanismen und extrapolierten Leistungspotentialen ableiten, sondern von den Medienwünschen und Alltagskontexten ausgehen. Das Absehen von Wirkprinzipien und Leistungsparametern vermindert dabei kaum die Treffsicherheit von Zukunftsantizipationen, eine Lehre, die sich auch heutige Mediendesigner zunutze machen sollten.

4 Paradigmen- und Medienkombinatorik-geleitetes Medien-Design: Drei Fallbeispiele

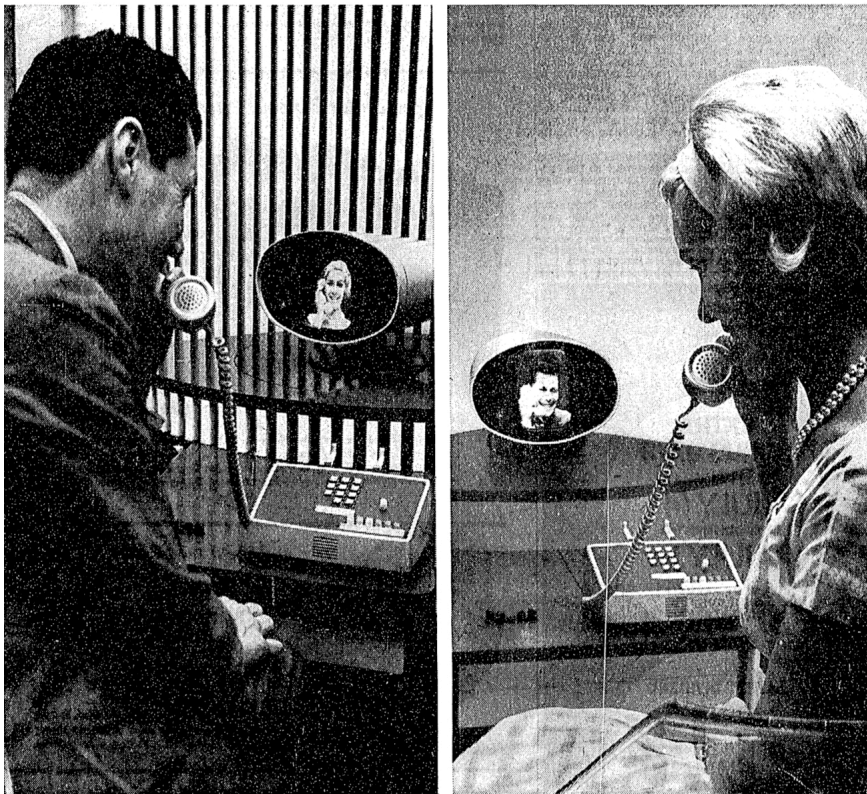
Dass der am Beispiel der GUI-WIMP-Genese dargelegte medienkombinatorische Ansatz allgemeineren Erklärungswert beanspruchen kann, soll zum Abschluss noch an drei Beispielen demonstriert werden: an zwei gescheiterten entwicklungslogisch begründeten Paradigmenwechseln, dem Bildtelefon und dem Apple-Pencomputer Newton und an einem erfolgreichen Paradebeispiel für medienkombinatorisches Design, dem iPhone.

Das *Bildtelefon* galt in der nachrichtentechnischen Fachwelt bereits seit dem Ende des 19. Jahrhunderts als der logische nächste Schritt der Telefonentwicklung. Im Jahre 1912 verkündete der schottische Fernsehpionier Alan Archibald Campbell-Swinton, dass es Aufgabe der Technikentwickler sei, die Kommunikationsmedien so zu verbessern und ihre kommunikativen Eigenschaften so zu erweitern, daß sie der natürlichen Gesprächssituation so nah wie möglich kommen: "Erst ein gleichzeitiges *Fernhören* und *Fernsehen* kann einem Geschehnis, das der direkten Wahrnehmung durch die Sinne entzogen ist, jene plastische Wirkung verleihen, die wir für die naturgetreue Wiedergabe eines fernen Ereignisses fordern müssen." (Lertes, 1926, Vorwort; Gehrts 1938, S. 233 f.). Heutzutage spricht man hier von "Telepräsenz", der Zielvorstellung, über visuelle und andere sensorische Mensch-Maschine-Schnittstellen den Eindruck bzw. die Illusion eines wirklichen Zusammenseins zu erwecken. Dieses Leitbild wurde in der Folgezeit zu einem festen Glaubenssatz von nachrichtentechnischen Erfindern und Forschern. So ging man immer davon aus, daß die Benutzer Bildtelefone als normales Telefon haben wollten, wenn nur der Preis oder die technische Qualität stimmten. Am Beginn der Entwicklung der Bildtelefonie stand somit ein anthropologisch begründetes kommunikationsergonomisches Programm. Doch die ersten Realisierungen der neuen Technik seit Ende der 20er Jahre entsprachen so gar nicht diesen Zielvorstellungen einer quasi-natürlichen Dialogsituation, denn die "Fernsehsprechgeräte" des ersten Anlaufes des Fernsehsprechens in den USA im Jahre 1927 und in Deutschland 1929 waren geräteergonomisch noch äußerst mangelhaft. Die hohe Erwartung in das neue Medium, daß sich mit der "Fernseh-Unterhaltung über beliebige Entfernungen" ein "weiterer Wunschraum der Menschheit" erfüllt habe, wurde gründlich enttäuscht.²⁵ Erst nach nach einer Reihe technischer Fortschritte bei der Fernseh-technik und den Modulationsverfahren kam es nach 1950 zu einem Neuanlauf.

²⁵ So der Reichspostminister bei der Diensteseinführung am 1. 3. 1936, zit. nach: Reuter, 1990, S. 210 f.

Now...see and be seen by **PICTUREPHONE!**

An exciting new dimension has been added to Long Distance telephoning



**Now you can make an appointment to see and talk with anyone
in Chicago or Washington, D. C., by Picturephone service**

*Werbung der New Yorker Bell-Gesellschaft für Telefonkabinen
mit dem ersten Modell des PicturePhone von 1964 (Ausschnitt)
(<http://cultureandcommunication.org/deadmedia/index.php/File:Picphonead.jpg>)*

Die Erwartung in eine sicher zu erwartende breite Nachfrage nach einem Bildtelefon-
dienst bewog Mitte der 60er Jahre auch die amerikanische Bell-Gesellschaft (AT&T)
zur Einführung des "PicturePhone" als "next-step technology". Dieser von Beginn an als
Universalmedium angelegte Informations- und Kommunikationsdienst sollte neben der
privaten und geschäftlichen Bildtelefonie auch die Textübertragung sowie den Doku-
menten-Abruf von Datenbanken und Bildabrufdienste erlauben. Mit der Wähltastatur
als Eingabemedium und dem Bildschirm als alphanumerischem Display könnten die
Nutzer Waren bestellen, Geschäftsdokumente einsehen, Kinokarten ordern und sogar

Rechenaufgaben auf entfernten Rechnern lösen (Warwick, Phipps, 1971). Zuversichtlich prognostizierte man, daß 1980 die erste Million PicturePhone-Geräte erreicht würde, daß bereits Ende der 90er Jahre 85% aller Meetings über Bildtelefone abgewickelt werden, um 2000 sollte dann schon ein großer Teil der Amerikaner vom Bildtelefon aus zu Hause arbeiten (vgl. Martin, 1977, S. 113 ff.). Doch "PicturePhone" wurde eine der großen Fehlprognosen der Geschichte der Telekommunikation und zugleich einer der größten Flops: 1972/73 wurde die Produktion gestoppt und ca. 1977 die Entwicklung endgültig eingestellt (Lipartito 2003). Die erst *nach* dem Desaster durchgeführte Untersuchung der Nutzungserwartungen und -anforderungen der Verbraucher ergab dann auch, dass überhaupt nur ein geringer Bedarf an visueller Face-to-face-Kommunikation bestand, dass nur 2/3 der Nutzer von PicturePhone an grafischer Festbild-Kommunikation interessiert waren. Zudem zeigte sich, dass die Geräteergonomie für das Einsehen von Unterlagen unzureichend war. Damit war die von den Auslastungsinteressen des Telekombetreibers her konzipierte *technikzentrierte Medienkombination* am Bedarf der Nutzer vorbeientwickelt worden: Für die private Face-to-face-Kommunikation bestand keine große Nachfrage und für die geschäftliche Kommunikation war das System nicht ausgelegt (Noll, 1991, S. 138-190; 1992).

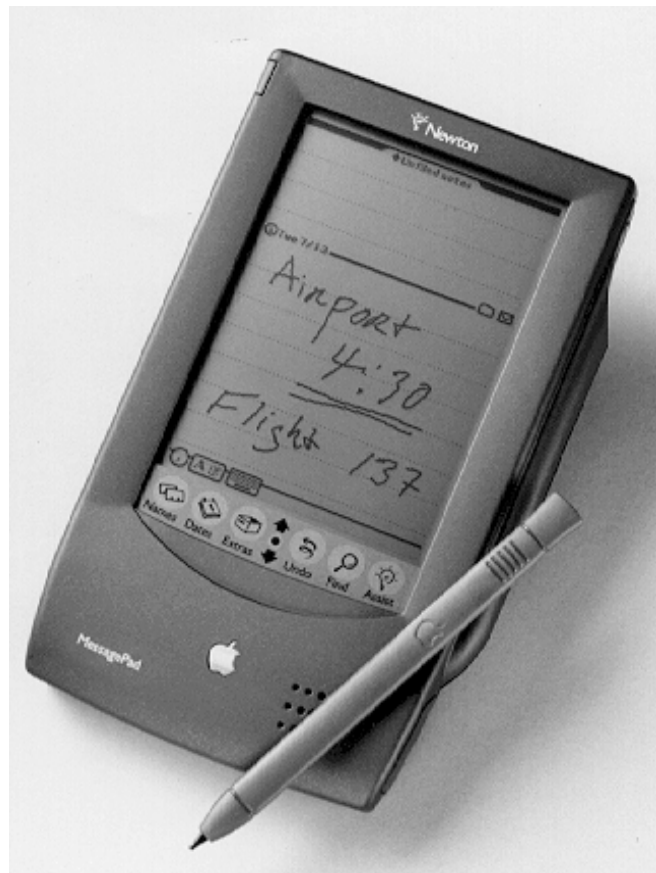


Datenabruf am Modell PicturePhone Mod II von 1969 (Martin 1971, S. 38)

Die Lehren aus diesem Flop gerieten jedoch schnell wieder in Vergessenheit und so versuchten Hersteller und Betreiber von Systemen der Telekommunikation im Vertrauen auf das Telepräsenz-Dogma in einer mehrmaligen Zickzack-Entwicklung zwischen teuren breitbandigen und billigeren schmalbandigen Bildtelefon-Systemen den Zielkonflikt zwischen ergonomischer Qualität und Kostenaufwand zu lösen. Als Luxusprodukte brachte AT&T 1992 eine Farbversion (VideoPhone 2500) und 2000 auch eine drahtlose Ausführung auf den Markt, doch auch diese erwiesen sich, ähnlich wie die europäischen und ostasiatischen Bildtelefon-Produkte, schon nach wenigen Jahren als Flop. Aber auch nachdem durch effizientere Codier- und Übertragungsverfahren selbst die Lowcost-Versionen eine akzeptable Bildauflösung und Bildschärfe aufwiesen, ist der große Andrang auf das "Telefon der Zukunft" (Quadt, 1991) ausgeblieben. Man übersah bei dem Hin und Her zwischen Breitband- und Schmalband-Systemen bzw. Luxus- und Standardausführungen, dass die eigentlichen Probleme nach wie vor hauptsächlich bei der *Kommunikationsergonomie* liegen und nicht bei der Geräte- und Bedienergonomie sowie den Kosten. Die Promotoren der Bildtelefonie müssen inzwischen einräumen, dass die eingefahrenen Kommunikationsgewohnheiten der größte Hemmschuh sind: "Wir müssen erkennen, daß selbst kostenlos abgegebene Bildtelefone nicht zwangsläufig dazu führen, daß nun jedes Telefonat per Bildtelefon geführt wird. Wir müssen erst lernen, mit dem Bild umzugehen; dieser Prozeß kann unter Umständen eine ganze Generation dauern." (Wolfgang Peters nach: Pauler, 1998, S. 32) Dabei steht die mangelnde Bereitschaft zur Änderung von Nutzungsgewohnheiten beim Bildtelefon offensichtlich im deutlichen Widerspruch zu dem beim Handy, wo innerhalb nur eines Jahrzehnts ein genereller Wandel der Telefonierverhaltens eingetreten ist.

Die visuelle Komponente in der Telekommunikation ist nach diesen Erfahrungen nicht so selbstverständlich wie in der realen Gesprächssituation. Bei Nutzerbefragungen stellte sich immer wieder heraus, daß viele Benutzer ihr Gegenüber sehen wollen, aber nur ein Bruchteil dabei selber gesehen werden möchte. Vor allem wünscht man nur mit ganz bestimmten Personen zusätzlich visuell zu kommunizieren und keinesfalls bei allen Telefonaten. Weder im privaten noch im geschäftlichen Bereich wird das Bildtelefon demnach als Standardmedium akzeptiert (Romahn, Prussog, Mühlbach, 1987, S. 162 f.). Die mangelnde Akzeptanz der Bildtelefonie wie auch die Rückkehr vieler Benutzer von der Sprachkommunikation zur textuellen Mail-, SMS- und Chat-Kommunikation zeigt vielleicht, daß das seit Campbell Swinton bestehende Telepräsenz-Leitbild der Informationstechniker den viel stärker selektiven und situativen Kommunikationsgewohnheiten nicht gerecht wird.

Einfluss der visionären Alles-auf-einen-Streich-Lösung: als erste Realisierung des "Knowledge Navigator" sollte er die "größte Innovation seit Erfindung des PC" werden und diesen in wenigen Jahren nahezu vollständig ersetzen. Begründet wurde dieser revolutionäre Wandel der Computer-Landschaft einmal mit dem säkularen Trend zu einer zunehmend mobilen Lebensweise, zum "Nomadic Computing" (Kleinrock), vor allem aber mit der extrem leichten Bedienbarkeit aufgrund der natürlichen Handschriften- und Pentouch-Eingabe. Der Pencomputer sollte dadurch zum stets verfügbaren "Digitalen Sekretär, Butler oder Assistenten", ja zum universalen "Personal Information Manager" werden. Bei der ersten öffentlichen Ankündigung im Jahre 1992 stellte Sculley ihn als als "*Personal Digital Assistant*" (PDA) vor und prägte damit den Begriff für diesen Handheld-Computer-Typ (MacNeill 1998). Mit ihm erhoffte er sich nicht nur die Versöhnung der bisher getrennten Welten des Computers und der Bleistift-, Kugelschreiber-Papierwelt sondern auch die Aufhebung der Schranken zwischen EDV, Informationsbeschaffung, Kommunikationstechnik und Konsumelektronik. Der Zusatz *Newton* zum zuerst NotePad, später MessagePad genannten Handheld-Computer sollte diesen ambitiösen Anspruch auf eine Epochenwende in der Mensch-Computer-Kommunikation weithin sichtbar machen.²⁶



Menuleiste und Handschrifteneingabe beim Newton MessagePad

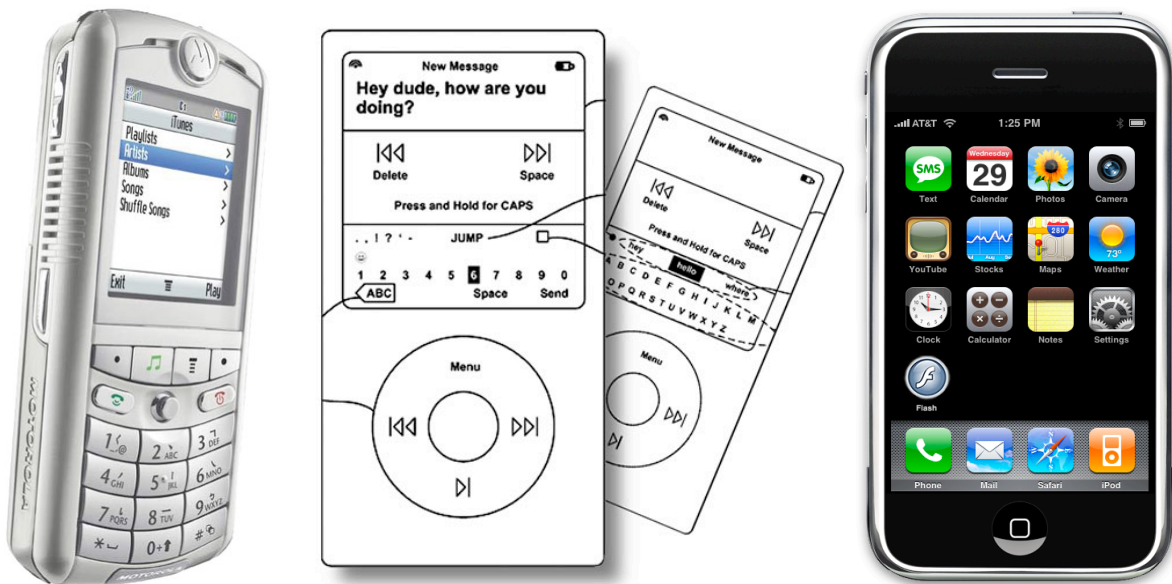
²⁶ Die Ausführungen beruhen auf vielen Artikeln in IT-Zeitschriften, die hier nicht aufgeführt werden können, vgl. u.a. Bayus 1997; Schomaker 1998; Borchers 2003; Hormby 2007; Macprime 2009.

Das autosuggestive Leitbild erfasste sehr bald auch IBM, Motorola, Toshiba und weitere Hersteller, die alle stiftbasierte Personal Pencomputer- und Communicator-Produkte ankündigten. Doch aufgrund diverser Nutzungs- und Ergonomieprobleme des funktional völlig überlasteten Mobilcomputers kollabierte die große Vision bereits nach zwei Jahren. Dies lag an dem für den Handheld-Gebrauch viel zu großen Gewicht, an der unzureichenden Handschriftenerkennung, die ein ausgesprochenes Schönschreiben und das Erlernen einer komplizierten Schriftgesten-Grammatik erforderte und schließlich an den extrem kurzen Akkulaufzeiten, die sich besonders aus der aufwendigen Schrifterkennung ergaben (Millen 1993). Doch selbst nach Einführung leistungsfähiger Modelle mit erneuertem Betriebssystem, die eine verbesserte Handschriftenerkennung boten, und trotz der Zurückstufung von einer universellen Plattform zum Organizer musste sich selbst die letzte Spitzenversion des Newton, das MessagePad 2000, schon 1998 gegenüber dem sehr schnell erfolgreichen *Palmtop* geschlagen geben. Der wurde 1994/95 wieder als funktionsreduziertes Nischenprodukt konzipiert und setzte nur sehr begrenzt auf Schrifteingabe. Das Leitbild eines "Knowledge Navigator" und persönlichen Assistenten in der Westentasche sowie vor allem das Dogma der inhärent natürlichen und damit nutzergerechteren Handschrifteneingabe hatte beim Newton also in die Irre geführt, es hatte den Blick für den im Alltag üblichen selektiven Interface-Gebrauch versperrt.²⁷

Im Gegensatz zu dem als radikale Technologiewechsel anvisierten Bildtelefon und Pencomputer ist das *iPhone* ein Beispiel für eine ohne revolutionären Anspruch auftretende Neukombination etablierter Interface-Techniken und Bedienprozesse. Wie schon beim *iPod* wurde hier mit Blick auf die mobile Nutzung auf das Erlernen einer funktional ausdifferenzierten Bediensemantik verzichtet und an wesentlichen Prinzipien der GUI-WIMP-Philosophie festgehalten. Anfangs wollte Steve Jobs aufgrund des sensationellen Erfolges des iPod in einer früheren Version des iPhone (Project Purple 1) auch die höchst einfache sensomotorische An- und Auswahltechnik des "click-wheel" verwenden, entschied sich dann aber mit Blick auf die ungleich komplexeren Bedienprozesse eines Smartphone in der endgültigen Version (Project Purple 2) für die ebenfalls sehr leicht zu bedienenden Multi-Touch-Befehle und intuitive Gesten (zur iPhone-Historie siehe Murtazin 2010). Die funktionale Komplexität wurde teils durch den "limited feature set-approach" von vornherein reduziert oder in einer strikt an der Benutzungshäufigkeit orientierten Menustruktur verborgen. Damit vermied man den im PDA-Bereich sehr häufigen Fehler, das Gerät als einen funktionsreduzierten PC mit abgespecktem Betriebssystem zu sehen. Das vor allem von Jonathan Ive geschaffene funktional-ästhetische Design-Konzept setzt sich damit bewusst von der im Smartpho-

²⁷ Vgl. u.a Bayus u.a. 1997; Tesler 1998; Butter, Pogue 2002, Kap. 1; Allen 2004.

ne-Bereich verbreiteten "featuritis" ab.²⁸ Es setzt auf architektonische Konsistenz statt von Beginn an zu viele Funktionen in ein Gerät zu packen, was zu immer komplizierteren Bedienabläufen führt. So war es auch noch in der ersten, zusammen mit Motorola entwickelten Version, dem ROKR E1, der Fall, einem typischen "design by committee", das kurz vor der Markteinführung fallen gelassen wurde.²⁹



Die iPhone-Versionen ROKR E1 von 2004/05, Purple 1 von 2004/05 und Purple 2 von 2005/07 (Murtazin 2010)

Die ursprüngliche iPhone-Gerätekombination eines Mobiltelefons, Mailedienstes, Webrowsers, iPod und einer Digitalkamera wurde erst in den folgenden Versionen sukzessiv erweitert, ohne dass dies die Bedienungsfreundlichkeit der Grundfunktionen beeinträchtigte. So wurden nach und nach immer weitere Medien auf diesem Mobilcomputer simuliert, etwa Min fernseher, Spielgerät, Navigationsgerät, Fotorahmen und mit "FaceTime" sogar ein Bildtelefon, dies aber nur als Wahlmöglichkeit ohne jeglichen Next-Generation-Anspruch. Das Design schreibt keine Nutzungsweisen vor, sondern ermöglicht eine immer vom Benutzer bestimmte Medien- und Interface-Selektion. Es wurden einzelne Elemente von Natural Interfaces in die klassische GUI-WIMP-Architektur eingebaut, aber nicht die gesamte Bedienung darauf aufgebaut wie beim Newton. Besonders trug die Einbeziehung der User Community in die kombinatorische Entwicklung von Information Appliances zum Erfolg des iPhone bei. Mit der *stufenweisen Medienkombination* in einem auf Usability getrimmten Smartphone und

²⁸ Zur Apple-Produkt- und Design-Philosophie siehe Thomke, Feinberg, 2000; Kahney 2003; Burrows 2004; Levy 2007; Lashinsky 2008; Klink 2010.

²⁹ Zur Kooperation mit Motorola siehe Murtazin 2010, Part 2; zum iPhone allgemein siehe u.a. Mossberg, Boehret 2007; Grossman 2007; Turner 2007; Vogelstein 2008.

der dank des Plattformkonzepts stark nutzergesteuerten Anwendungsentwicklung hat dieses Musterbeispiel eines medienkombinatorischen Design-Konzepts die mobile Computer-Kommunikation bisher mehr verändert als die auf einen Paradigmenwechsel ausgerichteten Natural, Intelligent und Invisible Interface-Konzeptionen.

5 Fazit

Wenn unter den Computer Scientists die kombinatorische Medienkonstruktion so erfolgreich war, wie ich am Beispiel von Bush, Licklider, Engelbart, Sutherland und Kay zeigen wollte, dann sollten medienkombinatorische Methoden künftig eine größere Aufmerksamkeit erhalten. Die Schließung der Interface-Lücke in den 60er Jahren gelang nur durch die Absage an überzogene KI-Visionen, eine realistische Bescheidung auf machbare Entwicklungskorridore und vor allem auch durch einen Verzicht auf Entwicklungsmodelle, die eine zwanghafte technische Logik unterstellen und dadurch argumentativ Wahlmöglichkeiten blockieren. Ergiebiger für die HCI-Entwicklung ist die Vorstellung eines durch zusätzliche technische Ressourcen sich permanent ausweitenden Designraums, der ständig neue "kombinatorische Erfindungen" (Schumpeter) zulässt. Die Methoden der Medienkombinatorik in Verbindung mit alltagsnahen Szenarien werden in Zukunft, so meine These, dringend gebraucht. Denn entgegen den Auffassungen der Vertreter des *Disappearing und Invisible Computing* erzeugt die fortschreitende Diffusion des Computing in Alltagsgegenstände und -prozesse einen riesigen Bedarf an *neuen* Medien- und Interface-Formen. Dabei sollte die HCI aber auch von einer anthropologisch bzw. entwicklungslogisch begründeten sensomotorischen Rundumversorgung durch "reichhaltige Bedienschnittstellen" absehen, die zu gewaltigen informationellen Überschüssen führen würde. Stattdessen sollte sie von selektiven Interface-Kulturen ausgehen und daher Möglichkeiten schaffen, dass die Benutzer die Wahrnehmungs-Bandbreiten je nach Situation und Anwendungsbereich selber festlegen können. Dabei tragen nutzernahe medienkombinatorische Designmethoden der Selektivität von Interface-Kulturen am besten Rechnung.

Literatur³⁰

- Aghajan, Hamid; Delgado, Ramón López-Cózar; Augusto, Juan Carlos (Hrsg.) (2010): Human-Centric Interfaces for Ambient Intelligence, Amsterdam, Boston, Heidelberg.
- Anders, Peter (1999): Envisioning Cyberspace. Designing 3D Electronic Spaces, New York, San Francisco.
- Balzert, Helmut (1988): E/A-Geräte für die Mensch-Computer-Interaktion. In: Balzert, Helmut; Hoppe, Heinz U. u.a. (Hrsg.), Einführung in die Software-Ergonomie. Mensch Computer Kommunikation. Grundwissen, Bd. 1, Berlin, New York, S. 67-98.
- Bayus, Barry L.; Jain, Sanjay; Rao, Ambar G. (1997): Too Little, Too Early: Introduction Timing and New Product Performance in the Personal Digital Assistant Industry, in: Journal of Marketing Research 34, 1, S. 50-63.
- Beckhaus, Steffi (2008): Zwischen real und digital: Intuitive, reichhaltige und freudvolle Schnittstellen, in: Bogen, Manfred; Kuck, Roland; Schröter, Jens (Hrsg.): Virtuelle Welten als Basistechnologie für Kunst und Kultur? Eine Bestandsaufnahme, Bielefeld 2009, S. 37-53.
- Bell, C. Gordon/Chen, Robert/Rege, Satish (1972): The Effect of Technology on Near Term Computer Structures, in: Computer 5, 2, S. 29-38.
- Benyon, David; Höök, Kristina; Nigay, Laurence (2010): Spaces of interaction, in: ACM-BCS '10: Proceedings of the 2010 ACM-BCS Visions of Computer Science Conference, Swinton 2010, S. 1-7.
- Bergman, Eric (Hrsg.) (2000): Information Appliances and Beyond. Interaction Design for Consumer Products, San Francisco, San Diego, New York.
- Bernsen, Niels Ole (1993): in: Modality Theory: Supporting multimodal interface design, in: CHI '93 Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, S. 13-23.
- Borchers, Detlef (2003): Apples Newton: Der Schwerkraft getrotzt, doch der Zeit voraus, in c't, 2.8.2003 (URL: <http://www.heise.de/ct/artikel/Apples-Newton-Der-Schwerkraft-getrotzt-doch-der-Zeit-voraus-301956.html>)
- Bos, Wilhelmus Edwin Alexander (1993): Easier said or done? Studies in multimodal human-computer interaction. Diss. Leiden.
- Bowman, Doug A.; Kruijff, Ernst; LaViola, Jr., Joseph J.; Poupyrev, Ivan (2001): An Introduction to 3-D User Interface Design, in: Presence 10,1, S. 96-108.
- Bowman, Doug A.; Kruijff, Ernst; LaViola, Jr., Joseph J.; Poupyrev, Ivan (2005): 3D User Interfaces. Theory and Practice. Boston, San Francisco, New York.
- Brookshaw, Chip (1998): Interfacing the future, 2.11.1998, InfoWorld Test Center (URL: <http://www.cnn.com/TECH/computing/9811/02/interface.idg/>).
- Brown, Jennifer (2003): The Evolution and Future of the Graphical User Interface in Personal Computing, Hardware and Operating Systems, Dr. McDonald Davis, 16.4.2003 (URL: http://www.obscure.org/~perky/uofr/spring2003/ISYS204U/History_of_GUI.pdf).
- Bruns, Willi (1996): Grasping, Communicating, Understanding: Connecting Reality and Virtuality, in: AI & Society 10, 6, S. 6-14.
- Burrows, Peter (2004): The Seed of Apple's Innovation, in: Business Week, December 12.
- Bush, Vannevar (1945): As We May Think. In: The Atlantic Monthly 176, No. 1, S. 101-108; gekürzt unter dem Titel "As We May Think. A top U.S. scientist foresees a possible future world in which man-made machines will start to think", in: LIFE 19 (1945) 11, S. 112-114, 116, 118, 121, 123-124; textkritischer Vergleich der Fassungen in "The Atlantic Monthly" und in LIFE in: Nyce, James M.; Kahn, Paul, From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine, Boston, San Diego, New York 1991, S. 85-110.
- Butter, Andrea; Pogue, David (2002): Piloting Palm: The inside story of Palm, Handspring, and the birth of the billion dollar handheld industry, New York.
- Card, Stuart K. (1998): Reflections on "A morphological analysis of the design space of input devices", in: ACM Transactions on Information Systems (TOIS) - Special issue on computer - human interaction", in: Maybury, Mark T./Wahlster, Wolfgang (1998): Readings in Intelligent User Interfaces, San Francisco, S. 609.
- Card, Stuart K.; Mackinlay, Jock D.; Robertson, George G. (1990): The Design Space of Input Devices. In: CHI '90 Conference Proceedings. Seattle, Washington April 1-5, 1990. New York, S. 117-124.

³⁰ Die zitierten Links wurden im November 2010 noch einmal überprüft.

- Card, Stuart K.; Mackinlay, Jock D.; Robertson, George G. (1990): A morphological analysis of the design space of input devices, in: *ACM Transactions on Information Systems (TOIS) - Special issue on computer – human interaction* 9 (1991) 2, S. 99-122.
- Carr, Robert M. (1991): *The Point of the Pen*, in: *BYTE* Febr. 1991, S. 211-221.
- Cechanowicz, Jared; Gutwin, Carl (2009): *Augmented Interactions: A Framework for Adding Expressive Power to GUI Widgets*, in: *Human-Computer Interaction – INTERACT 2009*, 2th IFIP TC 13 International Conference, Uppsala, Sweden, August 24-28, 2009, *Proceedings, Part I (Lecture Notes in Computer Science, Volume 5726/2009)*, S. 878-891.
- Chignell, Mark H.; Hancock, Peter A. (1997): *Intelligent Interface Design*, in: Helander, Martin; Landauer, Thomas K.; Prabhu, Prasad V. (Hrsg.) (1997): *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2. Aufl., Amsterdam, New York, Kap. 46, S. 969-995.
- Chin, David N. (1991): *Intelligent Interfaces as Agents*, in: Sullivan, Joseph W.; Tyler, Sherman W. (Hrsg.): *Intelligent User Interfaces*, New York.
- Coutaz, Joëlle; Nigay, Laurence; Salber, Daniel (1993): *Taxonomic Issues for Multimodal and Multimedia Interactive Systems*, in: *CHI '93 Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, S. 3-11.
- Denning, Peter J. (Hrsg.) (2002): *The Invisible Future. The seamless integration of technology into everyday life*. New York, Chicago, San Francisco.
- Dertouzos, Michael L. (1990): *Redefining Tomorrow's User Interface*. In: *CHI '90 Proceedings*, New York April, S. 1.
- Dertouzos, Michael L. (1999): *What Will Be. Die Zukunft des Informationszeitalters*. Wien New York.
- Doulis, Mario; Agotai, Doris; Wyss, Hans Peter (2009): *Spatial Interface. Wahrnehmungsfelder und Gestaltungsansätze im Virtuellen Raum*, in: Bogen, Manfred; Kuck, Roland; Schröter, Jens (Hrsg.): *Virtuelle Welten als Basistechnologie für Kunst und Kultur? Eine Bestandsaufnahme*, Bielefeld, S. 55-64.
- Dubois, Emmanuel; Gray, Philip; Nigay, Laurence (Hrsg.) (2010): *The Engineering of Mixed Reality Systems (Human-Computer Interaction Series)*, London, Dordrecht, Heidelberg, New York.
- Encarnação, José L.; Brunetti, Gino; Jähne, Marion (2008): *Die Interaktion des Menschen mit seiner intelligenten Umgebung. The Human-Environment-Interaction (HEI)*, in: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.) (2008): *Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung*, Bielefeld, S. 281-306.
- Engelbart, Douglas C. (1960): *Augmented Human Intellect Study, Proposal for Research to Air Force Office of Scientific Research*, SRI No. ESU 60-251, 13 December 1960 (Internet-Version: http://sloan.stanford.edu/mousesite/EngelbartPapers/B6_F2_AugmProp1.html)
- Engelbart, Douglas C. (1961): *Rough-Form Think Piece Regarding Research Possibilities At Sri In Areas Of Man-Machine Communication Means, And Automated Psycho-Motor Skill Training* (URL: http://sloan.stanford.edu/mousesite/EngelbartPapers/B15_F6_ThinkPiece.html).
- Engelbart, Douglas C. (1962): *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*. AFOSR-3233 Summary Report, Oct. 1962 (Internet-Version, <http://www.doungengelbart.org/pubs/augment-3906.html>).
- Engelbart, Douglas C. (1963a): *A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect*. 1963 (Augment,133183) (gedruckt in: Greif, Irene (Hrsg.) (1988): *Computer-Supported Cooperative Work: A book of readings*. San Mateo, CA:, S. 37-65.
- Engelbart, Douglas C. (1963b): *Brief an Robert Taylor*, 5. 4. 1963, Engelbart Papers, Department of Special Collections, Stanford University Libraries, Box 6, Folder 15, 11638.
- Engelbart, Douglas C. (1973): *Design Considerations for Knowledge Workshop Terminals*, in: *AFIPS Conference Proceedings*, 42, National Computer Conference, June 4-8, 1973, S. 221-227.
- Engelbart, Douglas C. (1988): *The Augmented Knowledge Workshop*. In: Adele Goldberg (Hrsg.), *A History of Personal Workstations*, Reading, Menlo Park, New York, S. 185-232.
- Engelbart, Douglas C.; English, William K. (1968): *A research center for augmenting human intellect*. In : *American Federation of Information Processing Societies, (AFIPS), Conference Proceedings Bd. 26, FJCC*, S. 395-410.
- English, William K., Engelbart, Douglas C.; Berman, Melvyn L. (1967): *Display-Selection Techniques for Text Manipulation*. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-8, 1, S. 5-15.
- Erickson, Thomas (1993): *From Interface to Interplace: The Spatial Environment as a Medium for Interaction*. In: *Proceedings of the Conference on Spatial Information Theory COSIT '93*, Berlin, Heidelberg, New York, S. 391-405.
- Eustice, Kevin F.; Lehman, Tobin J.; Morales, Armando u.a. (1999): *A universal information appliance*, in: *IBM Systems Journal* 38 (1999) 4, S. 575-601.

- Ferber, Jacques (2001): Multiagentensysteme: eine Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz, München, Boston, San Francisco.
- Fisher, Scott S. (1982): Viewpoint Dependent Imaging: An interactive stereoscopic display. In: S. Benton (Hrsg.): Processing and Display of Three-Dimensional Data, Proceedings. SPIE 367, 1982.
- Fisher, Scott S. et al. (1986) Virtual Environment Display System. ACM Workshop on 3D Interactive Graphics, Chapel Hill, NC, October 23-24.
- Fisher, Scott S. (1990): Virtual Interface Environments. In: Laurel, Brenda (Hrsg.): The Art of Human-Computer Interface Design, Reading, MA, Menlo Park, CA, New York, S. 423-438.
- Fishkin, Kenneth P.; Moran, Thomas P.; Harrison, Beverly L. (1998): Embodied User Interfaces: Towards Invisible User Interfaces. In: Proceedings of Engineering for HCI '98, Heraklion, Crete, September 13-18, S. 1-18.
- Foley, James D. (1987): Interfaces for Advanced Computing. In: Scientific American 257, 4, S. 83-90.
- Friedewald, Michael (1999): Der Computer als Werkzeug und Medium: Die geistigen und technischen Wurzeln des Personal Computers. Berlin, Diepholz.
- Friedewald, Michael (2008): Ubiquitous Computing: Ein neues Konzept der Mensch-Computer-Interaktion und seine Folgen. In: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.) (2008): Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung, Bielefeld, S. 259-280.
- Frohlich, David M. (1992): The Design Space of Interfaces. In: Kjeldahl, Lars (Hrsg.), Multimedia. Principles, Systems, and Applications, Berlin, Heidelberg, New York, S. 53-69.
- Gaver, Bill; Martin, Heather (2000): Alternatives: exploring information appliances through conceptual design proposals, in: Proceedings of the CHI 2000 Conference on Human factors in computing systems, April 1-6, 2000, The Hague, New York 2000 209-216.
- Gehrts, August, Fernsehsprechen und Fernsehrundfunk, in: Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 2 (1938), S. 233-267.
- Goldstein, Mikael; Nyberg, Marcus; Anneroth, Mikael (2003): Providing proper affordances when transferring source metaphors from information appliances to a 3G mobile multi-purpose handset, in: Personal and Ubiquitous Computing 7 (2003) 6, S. 372-380.
- Grassmuck, Volker R. (1995): Die Turing Galaxis Das Universal-Medium als Weltsimulation (URL: <http://waste.informatik.hu-berlin.de/Grassmuck/Texts/tg.d.html>).
- Gray, Philip; Ramsay, Andrew; Serrano, Marcos (2007): A Demonstration of the OpenInterface Interaction Development Environment, in: Conference ACM UIST 2007, Adjunct Proceedings (URL: <http://www.acm.org/uist/archive/html/proceedings/2007adjunct.html>).
- Green, Mark; Jacob, Robert, J. K. (1991): Software Architectures and Metaphors for Non-WIMP User Interfaces, in: Computer Graphics, 25, (July 1991) 3, S. 229-235.
- Greenfield, Adam (2006): Everywhere: The dawning age of ubiquitous computing, Berkeley, CA.
- Grossman, Lev (2007): Invention Of the Year: The iPhone, in Time 1.11.2007 (URL: http://www.time.com/time/specials/2007/article/0,28804,1677329_1678542,00.html).
- Grudin, Jonathan (2006): Turing maturing: the separation of artificial intelligence and human-computer interaction, in: Interactions 13, 5, S. 54-57.
- Hanson, David (2007) Humanizing interfaces--an integrative analysis of the aesthetics of humanlike robots, Dallas.
- Hefley, William E.; Murray, Dianne (1993): Intelligent User Interfaces, in: IUI '93 Proceedings of the First International Conference on Intelligent User interfaces, New York 1993, S. 3-10.
- Hellige, Hans Dieter (1998): Der 'begreifbare' Rechner: Manuelles Programmieren in den Anfängen des Human-Computer Interface, in: Ingrid Rügge, Bernd Robben, Eva Horn-ecker, Willi Bruns, (Hrsg.), Arbeiten und Begreifen: Neue Mensch-Maschine-Schnittstellen, Münster, Hamburg 1998, S. 187-200.
- Hellige, Hans Dieter (2004): „Technikgeschichte und Heilsgeschehen“: Endzeiterwartungen in technischen Zukunftsszenarien für das Jahr 2000, in: Schöck-Quinteros, Eva; Kopitzsch, Franklin, Steinberg, Hans-Josef (Hrsg.), Bürgerliche Gesellschaft – Idee und Wirklichkeit. Festschrift für Manfred Hahn (Schriften des Hedwig Hintze-Instituts Bremen, Bd. 8), Berlin 2004, S. 361-374.
- Hellige, Hans Dieter (2007a): Grundlinien der Geschichte der Mensch-Computer-Interfaces, artec-Paper 150, Dezember 2007, 121 S.
- Hellige, Hans Dieter (2007b): Medienkonstrukte in Technikutopien, Science Fiction-Romanen und in Zukunftsszenarien von Computer Scientists, gekürzt erschienen in: FIFF Kommunikationen 24, 3, S. 9-14.

- Hellige, Hans Dieter (Hrsg.) (2008a): Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung, Bielefeld, 2008.
- Hellige, Hans Dieter (2008b): Krisen- und Innovationsphasen in der Mensch-Computer-Interaktion, in: Hellige, H. D. (Hrsg.), Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung, Bielefeld 2008, S. 11-92.
- Hellige, Hans Dieter (2009): Skalenökonomische Mengeneffekte der Informationstechnik und ihr Einfluss auf den Ressourcenverbrauch, in: Ines Weller (Hrsg.): Systems of Provision & Industrial Ecology, artec-paper 162, Sept. 2009, S. 135-195.
- Herzog, Otthein; Schildhauer, Thomas (Hrsg.) (2009): Intelligente Objekte: Technische Gestaltung – Wirtschaftliche Verwertung – Gesellschaftliche Wirkung. acatech DISKUTIERT, Berlin, Heidelberg, New York, S. 35-61.
- Hormby, Tom (2006): The Story Behind Apple's Newton, in: LowEndMac, 7.2.2006 (URL: <http://lowendmac.com/orchard/06/john-sculley-newton-origin.html>).
- Hornecker, Eva (2008): Die Rückkehr des Sensorischen: Tangible Interfaces und Tangible Interaction. In: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.) (2008): Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung, Bielefeld, S. 235-256.
- Hornecker, Eva; Buur, Jacob (2006): Getting a Grip on Tangible Interaction: A Framework on Physical Space and Social Interaction. In: Proceedings of CHI '06. New York, S. 437-446.
- Hutchins, Edwin L.; Hollan, James D.; Norman, Donald A. (1986): Direct Manipulation Interfaces. In: D. A. Norman, S. W. Draper (Hrsg.), User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction, Hillsdale, N. J., S. 87-124.
- Ishii, Hiroshi (2008): Tangible User Interfaces, in: Sears, Andrew; Jacko, Julie A. (Hrsg.): The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, 2. Aufl. New York, London 2008, S. 469-487.
- Ishii, Hiroshi; Ullmer, Brygg (1997): Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms, in: Proceedings of the Computer-Human Interaction Conference (CHI'97). ACM, New York, S. 234-241.
- Ishiguro, Hiroshi (2006): Interactive Humanoids and Androids as Ideal Interfaces for Humans, in: IUI '06 Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interface, ACM New York, NY 2006, S. 2-9.
- Jacob, Robert J. K. (1996): Human-Computer Interaction: Input Devices. In: ACM Computing Surveys 28, 1, S. 177-179.
- Jacob, Robert, J. K. (1997): Input Devices and Techniques, in: Tucker, Allen B. (Hrsg.): The Computer Science and Engineering Handbook, 2 Bde. Boca Raton, Bd. 2, S. 1494-1511 (URL: <http://www.cs.tufts.edu/~jacob/papers/crc.pdf>)
- Jacob, Robert J. K.; Girouard, Audrey; Hirshfield, Leanne M. u.a. (2008): Reality-Based Interaction: A New Framework for Understanding the Next Generation of Human-Computer Interfaces, in: CHI '08 Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems, New York 2008, S. 201-210 (URL: <http://www.cs.tufts.edu/~jacob/papers/chi08.pdf>)
- Johnson, Steven (1999): Interface Culture. Wie neue Technologien Kreativität und Kommunikation verändern. Stuttgart.
- Kahney, Leander (2003): Design According to Ive, in: Wired 25.6.2003 (URL: <http://www.wired.com/culture/design/news/2003/06/59381>).
- Kay, Alan (1972): A Personal Computer for Children of All Ages. In: Proceedings of the ACM National Conference, Boston, August 1972.
- Kay, Alan (1975): Personal Computing. In: Meeting on 20 Years of Computing Science. Istituto di Elaborazione della Informazione, Pisa, Italy.
- Kay, Alan (1984): Computer Software, in: Scientific American 251, 3, S. 53-59.
- Kay, Alan (1990): User Interface: A Personal View. In: Laurel, Brenda (Hrsg.), The Art of Human Computer Interface Design, Reading, Mass., S. 191-207.
- Kay, Alan (1991): Computers, Networks, and Education. In: Scientific American 265 (Sept. 1991), S. 138-148.
- Kay, Alan; Goldberg, Adele (1977): Personal Dynamic Media, in: IEEE Computer 10, 3, 31-42.
- Kiesler, Sara; Powers, Aaron; Fussell, Susan R.; Torrey, Cristen (2008): Anthropomorphic interactions with a software agent and a robot, in: Social Cognition, 26 (2), 168-180.
- Klinke, Harald (2010): Apple Design. Die Kunst der Produktgestaltung zwischen Userzentrierung und Ästhetik (URL: <http://edoc.hu-berlin.de/kunsttexte/2010-1/klinke-harald-7/PDF/klinke.pdf>).
- Krueger, Myron W. (1977): Responsive Environmemts. In: American Federation of Information Processing Societies, (AFIPS), Conference Proceedings Bd. 46, SJCC, S.423-433.

- Krueger, Myron W. (1990): Videoplace and the Interface of the Future. In: Laurel, Brenda (Hrsg.): *The Art of Human-Computer Interface Design*, Reading, MA, Menlo Park, CA, New York, S. 417-422.
- Krueger, Myron W. (1991): *Artificial Reality II*. Reading, MA, Menlo Park, CA, New York.
- Krueger, Myron W. (1993a): The Artistic Origins of Virtual Reality. In: Linehan, Thomas E. (Hrsg.): *SIGGRAPH Visual Proceedings*. New York, S.148-149.
- Krueger, Myron W. (1993b): Die Kunstgeschichte der Künstlichen Realität. In: Rötzer, Florian, Weibel, Peter (Hrsg.) *Cyberspace. Zum medialen Gesamtkunstwerk*. Himberg bei Wien 1993, S. 289-304.
- Kurzweil, Ray (2002): Fine Living in Virtual Reality. In: Denning, Peter J. (Hrsg.) (2002): *The Invisible Future*. New York, Chicago, San Francisco, S. 193-215.
- Laurel, Brenda (1990): Interface Agents: metaphors with Character. In: dies. (Hrsg.), *The Art of Human Computer Interface Design*, Reading, Mass., S. 355-365.
- Lertes, Peter (1926): *Fernbildtechnik und elektrisches Fernsehen*, Frankfurt a. M.
- Levy, Steve (2007): *The Perfect Thing: How the iPod Shuffles Commerce, Culture and Coolness*, New York.
- Licklider, Joseph C. R. (1960): Man-Computer Symbiosis. In: *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, Bd.1 März, S. 4-11.
- Licklider, Joseph C. R. (1965a): *Libraries of the Future*. Cambridge, Mass. 1965.
- Licklider, Joseph C. R. (1965b): Static and Dynamic Models. In: *Information Processing 1965. Proceedings of IFIP Congress 65, 2 Bde Washington, D. C., London, Bd. I*, S. 476-478.
- Licklider, Joseph C. R. (1965c): Principles and Problems of Console Design. In: *Information Processing 1965. Proceedings of IFIP Congress 65, 2 Bde Washington, D. C., London 1965, Bd. I*, S. 508-509.
- Licklider, Joseph C. R. (1967a): Graphic Input – a survey of techniques. In Gruenberger, Fred (Hrsg.), *Computer Graphics. Utility, Production, Art*, Washington, S. 39-69.
- Licklider, Joseph C. R. (1967b): Dynamic Modeling. In: Wathen-Dunn, Weiant (Hrsg.), *Models for the perception of speech and visual form*, Cambridge, MA, S. 39-69.
- Licklider, Joseph C. R. (1968): Man-Computer Communication. In: *Annual Review of Information Science and Technology 3 (1968)*, Chicago, S. 201-240.
- Licklider, Joseph C. R. (1969): A picture is worth a thousand words - and it costs. In: *AFIPS Spring Joint Computer Conference*, Boston, Mass., AFIPS Press, S. 617-621.
- Licklider, Joseph C. R. (1976): User-oriented Interactive Computer graphics. In: *Proceedings of the ACM/SIGGRAPH workshop on User-oriented design of interactive graphics systems*, Oktober, S. 89-96.
- Licklider, Joseph C. R.; Taylor, Robert W. (1968): The Computer as a Communication Device. In: *Science and Technology*, 76, S. 21-31, wiedergedruckt in: *In Memoriam Joseph C.R. Licklider 1915-1990*, (Digital SRC Research Report 61), Digital Research Center August 1990; Internet-Version: <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>.
- Lipartito, Kenneth (2003): Picturephone and the Information Age: The Social Meaning of Failure, in: *Technology and Culture* 44, 1, S. 50-81.
- MacNeill, David (1998): Why did Apple kill the Newton? in: *Pen Computing Magazine*, June 1998 (URL: http://www.pencomputing.com/frames/newton_obituary.html).
- Macprime (2009): Apple History, Kapitel 8 "Das Zeitalter des Newton", letztes Update 23.12.2009 (URL: <http://www.macprime.ch/applehistory/geschichte/das-zeitalter-des-newton/>).
- Maes, Patti (1994): Agents that Reduce Work and Information Overload, in: *Communications of the ACM* 37, 7, S. 31-40.
- Maisel, Andrew, Doug Engelbart (1996): Father of the Mouse, Interview für SuperKids Educational Software Review (unter der URL: <http://www.superkids.com/aweb/pages/features/mouse/mouse.html>).
- Martin, James (1977): Future Developments in Telecommunications, Englewood Cliffs, N. J. (Kap. 8: "Video Telephones, S. 113-131).
- Mattern, Friedemann; Langheinrich, Marc (2008): Eingebettete, vernetzte und autonom handelnde Computersysteme: Szenarien und Visionen, in: In: Kündig, Albert; Bütschi, Danielle (Hrsg.): *Die Verselbständigung des Computers*, Zürich 2008, S. 55-75 (URL: www.vs.inf.ethz.ch/res/papers/mattern-taswiss-szenarien.pdf).
- Maybury, Mark T.; Wahlster, Wolfgang (1998): *Readings in Intelligent User Interfaces*, San Francisco.
- Meadow, Charles T. (1970): *Man-Machine Communication*, New York, London, Syney, Toronto.
- Millen, David R. (1993): Pen-Based User Interfaces, in: *AT&T Technical Journal* May/June, S. 21-27.

- Miner, Cameron (2001): Pushing functionality into even smaller devices, in: *Communications of the ACM*, 44, 3, S. 72-73.
- Mooers, Calvin N. (1959): The Next Twenty Years in Information Retrieval: Some Goals and Predictions. In: *AFIPS, Bd. WJCC*, S. 81-86; wiedergedruckt in: *American Documentation* 11 (Juli 1960), S. 229-236.
- Mossberg, Walter S.; Boehret, Katherine (2007): The iPhone Is a Breakthrough Handheld Computer, in: *The Wall Street Journal Digital Network*, 26. 6. 2007.
- Murtazin, Eldar (2010). Apple's Phone: From 1980s' Sketches to iPhone, Part 1-3 in: *Mobile-review*, 20.6.2010 (URL: <http://mobile-review.com/articles/2010/iphone-history3-en.shtml>).
- Nagao, Katashi; Takeuchi, Akikazu (1994): Speech Dialogue With Facial Displays: Multimodal Human-Computer Conversation, in: Maybury, Mark T.; Wahlster, Wolfgang (1998): *Readings in Intelligent User Interfaces*, San Francisco, S. 572-579.
- Nake, Frieder (2004): The Display as a Looking Glass: Zu Ivan Sutherlands früher Vision der grafischen Datenverarbeitung. In: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.), *Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen und Leitmotive*, Berlin, Heidelberg, New York, S. 339-365.
- Nake, Frieder (2008): Zeigen, Zeichnen und Zeichnen. Der verschwundene Lichtgriffel. In: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.) (2008): *Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung*, Bielefeld, S. 121-154.
- Negroponte, Nicholas (1991): Beyond the Desktop Metaphor, in: Meyer, Albert R.; Gutttag, John V.u.a. (Hrsg.), *Research Directions in Computer Science*, Cambridge, Mass., London, S. 183-190.
- Negroponte, Nicholas (1997): Agents: From Direct Manipulation to Delegation. In: Bradshaw, Jeffrey M. (Hrsg.): *Software Agents*, Menlo Park, CA, Cambridge, MA, London, S. 57-66
- Nielsen, Jakob (1993): Noncommand user interfaces, in: *Communications of the ACM* 36, 4, Norman, Donald A. (1983): "Design Principles for Man-Computer Interfaces". In: *CHI '83 Proceedings, Human Factors in Computer Systems Conference*, Boston 12-15. Dez. 1983, S. 1-10.
- Noll, A. Michael (1991): *Introduction to Telephones and Telephone Systems*, 2. Aufl. Boston, London 1991 (S. 188-190: Lessons from PicturePhone).
- Noll, A. Michael (1992): Anatomy of a Failure: PicturePhone Revisited, in: *Telecommunications Policy* 16 (1992) 5/6, S. 307-316.
- Norman, Donald A. (1998): *The Invisible Computer*. Cambridge, MA, London.
- Norman, Donald A. (2010): Looking Back, Looking Forward, Preprint eines Artikels in: *Interactions* (URL: http://www.jnd.org/dn.mss/looking_back_looking_forward.html).
- Odlyzko, Andrew (1999): The Visible Problems of the Invisible Computer: A Skeptical Look at Information Appliances, in: *First Monday* 5.9.1999 (URL: http://firstmonday.org/issues/issue4_9/odlyzko/index.html).
- Oviatt, Sharon (1999): Ten Myths of Multimodal Interactions, in: *Communications of the ACM* 42 (1999) 11, S. 74-81.
- Oviatt (2008): *Multimodal Interfaces*, in: Sears, Andrew; Jacko, Julie A. (Hrsg.): *The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*, 2. Aufl. New York, London, S. 413-432.
- O'Sullivan, Dan; Igoe, Tom (2004): *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*, Boston.
- Pauler, Wolfgang (1998): Bildtelefon - Technik gut, Zukunft ungewiß, in: *Funkschau* 5/1998, S. 26-33.
- Peled, Abraham (1987): The Next Computer Revolution. In: *Scientific American* 257, 4, S. 35-42.
- Pentland, Alex (2000): Perceptual Intelligence. In: *Communications of the ACM* 43, 11, S. 35-44.
- Pflüger, Jörg (2004): Konversation, Manipulation, Delegation. Zur Ideengeschichte der Interaktivität. In: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.), *Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen und Leitmotive*, Berlin, Heidelberg, New York, S. 367-408.
- Pflüger, Jörg (2008): Interaktion im Kontext. In: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.) (2008): *Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung*, Bielefeld, S. 323-389.
- Quadt, Hans-Peter (1991): Der Bildtelefondienst vor dem Start. *Das Telefon der Zukunft*, in: *net* 45 (1991) 3, S. 70-72.
- Quigley, Aaron J.; Bodea, Florin (2010): Face-to-Face Collaborative Interfaces, in: Aghajan, Hamid; Delgado, Ramón López-Cózar; Augusto, Juan Carlos (Hrsg.) (2010): *Human-Centric Interfaces for Ambient Intelligence*, Amsterdam, Boston, Heidelberg, S. 3-32.

- Ramo, Simon (1961): Man-Machine-Communications in the Coming Technological Society. In: Hollitch, Robert S.; Mittman, Benjamin, Computer Applications-1961, Proceedings of the Computer Applications Symposium, Chicago Okt. 1961, New York, London, S. 45-54.
- Raskin, Jef (1979): Computers by the Millions, Apple-Report 1979, publiziert in: SIGPC Newsletter 5 (1982) 2, S. (URL: <http://jef.raskincenter.org/published/millions.html>)
- Rekimoto, Jun (2008): Organic interaction technologies: from stone to skin, in: Communications of the ACM 51 (2008).6, S. 38-44.
- Reuter, Michael (1990): Telekommunikation. Aus der Geschichte in die Zukunft, Heidelberg, S. 210-214.
- Robben, Bernard (2006): Der Computer als Medium. Eine transdisziplinäre Theorie. Bielefeld.
- Romahn, Götz; Prussog, Angela; Mühlbach, Lothar (1987): Bildfernsprechen am Arbeitsplatz, in: ntz 40 (1987) 3, S. 160-165.
- Rügge, Ingrid (2007): Mobile Solutions. Einsatzpotentiale, Nutzungsprobleme und Lösungsansätze (Advanced Studies Mobile Research Center Bremen), Wiesbaden.
- Rügge, Ingrid (2008): Wege und Irrwege der Mensch-Maschine-Kommunikation beim Wearable Computing. In: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.) (2008): Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computer-Bedienung, Bielefeld, S. 199-234.
- Sackman, Harold (1967): Computer, System Science and Evolving Society. The Challenge of Man-Machine Digital Systems, New York, London, Sydney.
- Schomaker, Lambert (1998): From handwriting analysis to pen-computer applications, in: Electronics & Communication Engineering 10, 3, S. 93-102.
- Sculley, John; Byrne, John A. (1987): Odyssey: Pepsi to Apple: A Journey of Adventure, Ideas, and the Future, New York.
- Semar, Wolfgang, Information Appliances, in: Der Mensch im Netz - Ubiquitous Computing. 4. Liechtensteinisches Wirtschaftsinformatik-Symposium an der Fachhochschule Liechtenstein, Stuttgart 2002, S. 157-164 (URL: <http://www.semar.de/ws/publikationen/2002-liechtenstein.pdf>).
- Shackel, Brian (Hrsg.) (1985): Designing for People in the Age of Information. In: INTERACT 84 - 1st IFIP International Conference on Human-Computer Interaction, London Sept. 1984, Amsterdam, S. 9-18.
- Shaer, Orit; Jacob, Robert J. K. (2009): A specification paradigm for the design and implementation of tangible user interfaces, in: ACM Transactions on Computer-Human Interaction 16, 4, Article 20.
- Sheridan, Thomas B. (1992): Musings on Telepresence and Virtual Presence. In: Presence-Teleoperators and Virtual Environments, 1,1, S. 120-126.
- Shneiderman, Ben (1997): Direct manipulation for comprehensible, predictable and controllable user interfaces, in: UI '97 Proceedings of the 2nd international conference on Intelligent user interfaces, New York 1997, S. 33-39.
- Splicer (2010): Two approaches to design: iPhone versus Nokia, in: Steven Scotten's Monochromatic Outlook, 21.3.2010 (URL: <http://splicer.com/node/1323>).
- Stannay, Kay M.; Cohn, Joseph V. (2008): Virtual Environments, in: Sears, Andrew; Jacko, Julie A. (Hrsg.): The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, 2. Aufl. New York, London 2008, S. 621-638.
- Strang, Thomas (2007): Ubiquitous Computing verwebt Technik mit Alltagsgegenständen, in: Computerzeitung, 38. Jg., 20.8.2007 (URL: <http://elib.dlr.de/63719/1/presse-CZ-2007-08-20-Interview-Layout.pdf>)
- Streitz, Norbert A. (2008): It's all in the (ambient) environment: Designing experiences in ubiquitous hybrid worlds, in: ISUVR '08 Proceedings of the 2008 International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality, IEEE 2008, S. 1-4.
- Streitz, Norbert A.; Privat, Gilles (2008): Ambient Intelligence, in: Stephanidis, Constantine (Hrsg.): The Universal Access Handbook, Boca Raton, FL, 2010, Kap. 60. (URL: <http://perso.rd.francetelecom.fr/privat/publis/2008-UA-Handbook.pdf>).
- Sullivan, Joseph W.; Tyler, Sherman W. (Hrsg.) (1991): Intelligent User Interfaces, New York.
- Sutherland, Ivan E., Sketchpad (1962): A Man-Machine Graphical Communication System. Phil. Diss. 1962, M.I.T. Lincoln Laboratory Technical 296 Report, Januar 1963; Reprint als Technical Report 574 Cambridge, MA 2003.
- Sutherland, Ivan E. (1963): Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System. In : American Federation of Information Processing Societies, (AFIPS), Conference Proceedings Bd. 23, SJCC, S. 329-346.
- Sutherland, Ivan E. (1965a): The Ultimate Display. In: Information Processing 1965. Proceedings of IFIP Congress 65, 2 Bde Washington, D. C., London 1965, Bd. I, S. 506-508.

- Sutherland, Ivan E. (1965b): The Future of On-Line Systems. In: Proceedings of the Symposium Sponsored by the University of California at Los Angeles and Informatics, Inc., Los Angeles, California, February 1965.
- Sutherland, Ivan E. (1967): Ein- und Ausgabe bei elektronischen Rechenanlagen. In: Information, Computer und künstliche Intelligenz, Frankfurt a. M., S. 51-67 (Scientific American, Sept. 1966).
- Sutherland, Ivan E. (1968): A Head-mounted Three Dimensional Display. In: American Federation of Information Processing Societies, (AFIPS), Conference Proceedings Bd. 33, FJCC, S. 757-764.
- Sutherland, Ivan E. (1970a): Computer Displays. In: Scientific American, 222, 6, S. 56-81.
- Sutherland, Ivan E. (1970b): Windows into Alice's Wonderland, in: IEEE Student Journal, Sept., New York 1970, S. 36-41.
- Tennenhouse, David (2000): Proactive Computing. In: Communications of the ACM, 43, 5, S. 43-50.
- Thomas, Peter J.; Meech, John F.; Macredie, Robert D. (1995): A framework for the development of information appliances, in: ACM SIGICE Bulletin 21 (1995) 1, S. 396-400.
- Thomke, Stefan; Feinberg, Barbara (2000): Design Thinking and Innovation at Apple, Harvard Business School, Paper 9-609-066, revised 19.5.2000.
- Turing, Alan M. (1950): Computing Machinery and Intelligence. In: Mind 59, S. 433-460; wiedergedruckt in: ders., Collected Works of A. M. Turing, 4 Bde. Amsterdam, London, New York 1992; Bd. 3 (Mechanical Intelligence, hrsg. von D. C. Ince), S. 133-160.
- Turk, Matthew/ Robertson, George G. (2000): Perceptual User Interfaces, Communications of the ACM, 43, 3, S. 33-34.
- Turner, Daniel (2007): The Secret of Apple Design, in: Technology Review (MIT), May 2007 (URL: <http://www.technologyreview.com/Biztech/18621/>).
- Van Dam, Andries (1997): Post-WIMP User Interfaces. The Human Connection, in: Communications of the ACM 40, 2, S. 63-67.
- Van Dam, Andries (2000): Beyond WIMP, in IEEE Computer Graphics and Applications, 20, 1, S. 50-51.
- Vogelstein, Fred (2008): The untold story: How the iPhone blew up the wireless industry, in: Wired Magazine, 9.1.2008.
- Wagner, Kirsten (2006): Datenräume, Informationslandschaften, Wissensstädte. Zur Verräumlichung des Wissens und Denkens in der Computermoderne, Freiburg i. Br., Berlin.
- Walker, John (1990): Through the Looking Glass. In: Laurel, Brenda (Hrsg.): The Art of Human-Computer Interface Design, Reading, MA, Menlo Park, CA, New York, S. 439-447.
- Warwick, P. S.; Phipps, G. W. (1971): The PicturePhone System: Computer Access, in: The Bell System Technical Journal 50 (1971) 2, S. 683-700.
- Weiser, Mark (1991): "The Computer for the 21st Century". In: Scientific American 265 (Sept. 1991), S. 94-104.
- Weiser, Marc (1993): Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, in: Communications of the ACM 36, 7, S. 75-84; Internet-Version: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiCACM.html>.
- Weiser, Mark (1994): Creating the Invisible Interface. In: Symposium on User Interface Software and Technology New York,
- Weiser, Mark (1998): The Future of Ubiquitous Computing on Campus. In: Communications of the ACM 41 (1998) 1, S. 41-42.
- Weiser, Mark (1993): Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. In: Communications of the ACM 36, 7, S. 75-84.
- Weiser, Mark (1994): The World is not a Desktop, in: Interactions (Jan), S. 7-8 <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/ACMInteractions2.html>.
- Weiser, Mark (1996): Nomadic Issues in Ubiquitous Computing (URL: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/NomadicInteractive/>).
- Weiser, Marc (1998): The Future of Ubiquitous Computing on Campus, in: Communications of the ACM 41, 1, S. 41-42.
- Weiser, Mark/Brown, John Seely (1996): Designing Calm Technology. In: PowerGrid Journal, v 1.01, July 1996; revid. Fassung, 5.10.1996. unter: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>.
- Wixon, Dennis (2008): Natural and Organic interfaces, in: UX Week 2008